

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften (IEL)
Fachgebiet Humanernährung
Leiter: Prof. Dr. Peter Stehle

**Einfluss des Konsums von Erfrischungsgetränken
auf den Ernährungs- und Gesundheitsstatus von Kindern**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des Grades

Doktor der Ernährungs- und Haushaltswissenschaft

(Dr.oec.troph.)

der

Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn

vorgelegt am 15. August 2008

von

Lars Libuda

aus Wesel am Rhein

Referent: Prof. Dr. Peter Stehle

Korreferenten: Prof. Dr. Thomas Remer

PD Dr. Mathilde Kersting

Tag der mündlichen Prüfung: 11. Dezember 2008

Erscheinungsjahr: 2009

Diese Dissertation ist auf dem Hochschulschriftenserver der ULB Bonn unter http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online elektronisch publiziert.

Veröffentlichungen

Originalarbeiten

Libuda L., Alexy U., Sichert-Hellert W., Stehle P., Karaolis-Danckert N., Buyken A.E., Kersting M.

„Pattern of beverage consumption and long-term association with body weight status in German adolescents – Results from the DONALD Study”

Br J Nutr 2008;99:1370-1379

Libuda L., Alexy U., Buyken A.E., Sichert-Hellert W., Stehle P., Kersting M.

„Consumption of sugar-sweetened beverages and its association with nutrient intakes and diet quality in German children and adolescents”

Br J Nutr (accepted)

Libuda L., Alexy U., Remer T., Stehle P., Schoenau E., Kersting M.

„Association between long-term consumption of soft drinks and parameters of bone modeling and remodeling in a sample of healthy German children and adolescents”

(under review)

Veröffentlichte Vorträge und Präsentationen

Libuda L., Alexy U., Kersting M.

„Erfrischungsgetränke und Ernährungsqualität bei Kindern und Jugendlichen der DONALD Studie“ (Vortrag)

Proc Germ Nutr Soc 2008;12:27

Libuda L., Alexy U., Sichert-Hellert W., Kersting M.

„Verzehr von Erfrischungsgetränken und Ernährungsqualität bei Kindern und Jugendlichen der DONALD Studie“

103. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin, Nürnberg, 13.-16. September 2007

Kinderärztliche Praxis - Soziale Pädiatrie und Jugendmedizin 2007

Abstractband: 77

Libuda L., Alexy U., Buyken A.E., Sichert-Hellert W., Kersting M.

„Caloric beverages and body weight status in German adolescents – Results from the DONALD Study”

10th International congress on Obesity, Sydney, 3-8 September 2006

Obes Rev 2006 Suppl. 2; 7: 233

Libuda L., Alexy U., Kersting M.

„Verzehrmengen gesüßter Getränken bei Kindern und Jugendlichen – Ergebnisse der DONALD Studie“

43. Wissenschaftlicher Kongress der Deutschen Gesellschaft für Ernährung, Stuttgart 9.-10. 3. 2006

Proc Germ Nutr Soc 2006; 8: 55

Zusammenfassung: Einfluss des Konsums von Erfrischungsgetränken auf den Ernährungs- und Gesundheitsstatus von Kindern

In Studien in den USA wurden bei Kindern und Jugendlichen Zusammenhänge zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und der Entstehung von Übergewicht sowie einer Verschlechterung der Ernährungsqualität und des Knochenstatus beobachtet. Aufgrund von Unterschieden in den Verzehrsgewohnheiten, in der Getränkezusammensetzung und den Lebensgewohnheiten könnten diese Studienergebnisse möglicherweise bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland nicht zutreffen. Anhand der Daten der DONALD Studie (Dortmund Nutritional and Anthropometric Longitudinally Designed Study) wurde daher untersucht, inwiefern der Verzehr von Erfrischungsgetränken auch bei in Deutschland lebenden Kindern und Jugendlichen mit Gesundheitsparametern assoziiert ist.

Es wurde beobachtet, dass die Kinder und Jugendlichen der DONALD Studie etwa 10 % ihrer Gesamtenergie über Erfrischungsgetränke und Fruchtsäfte zuführten (**Kapitel 3**). Daher scheinen auch in Deutschland klinisch relevante Auswirkungen des Konsums von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften bei Kindern und Jugendlichen möglich.

Die Energieaufnahme aus Getränken wurde bei Kindern und Jugendlichen der DONALD Studie nur unzureichend durch eine Reduktion der Energieaufnahme aus fester Nahrung kompensiert und führte damit zu einer Steigerung der Gesamtenergiezufuhr (**Kapitel 4**). Damit könnte der Verzehr von Erfrischungsgetränken und auch Fruchtsäften zu einem Ungleichgewicht in der Energiebilanz beitragen und längerfristig zu einer Gewichtszunahme führen.

Es wurde festgestellt, dass die Steigerung des Verzehrs von energiereichen Getränken, also Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften insgesamt, bei Mädchen in einem 5-jährigen Untersuchungszeitraum mit einer gleichzeitigen Steigerung des BMI Standard Deviation Scores (BMI-SDS) verbunden war (**Kapitel 5**). Bei Jungen wurde nur ein Querschnittszusammenhang zwischen dem Verzehr von Fruchtsäften und dem BMI-SDS bei der jeweils ersten Untersuchung beobachtet. Daher könnte der Verzehr von energiereichen Getränken zumindest bei Mädchen in Deutschland das Übergewichtsrisiko steigern.

Der Verzehr von Erfrischungsgetränken war bei Jungen und Mädchen der DONALD Studie negativ mit der Zufuhr verschiedener Nährstoffe assoziiert (**Kapitel 6**). Bemerkenswert war besonders der negative Effekt auf die Folat- und Kalziumzufuhr bei Mädchen aufgrund der in verschiedenen Altersklassen durchschnittlich bereits bestehenden niedrigen Zufuhr. Bei Jungen und Mädchen wurde ein negativer Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und der Ernährungsqualität insgesamt festgestellt, der allerdings bei Mädchen stärker ausgeprägt war als bei Jungen. Da sich die durchschnittliche Ernährungsqualität mit zunehmendem Alter bei Mädchen verschlechterte, könnte ein hoher Erfrischungsgetränkeverzehr in Hinsicht auf die Ernährungsqualität besonders bei jugendlichen Mädchen relevant sein.

Zwischen dem langfristigen Verzehr von Erfrischungsgetränken und verschiedenen Parametern des Modeling und Remodeling der Knochen, die am Unterarm mittels peripherer quantitativer Computertomographie (pQCT) gemessen wurden, wurde eine negative Assoziation nachgewiesen (**Kapitel 7**). Dieser Effekt des Verzehrs von Erfrischungsgetränken beruhte nicht in erster Linie auf einer Verdrängung der Milch aus der Ernährung, sondern auf einer geringeren Proteinzufuhr. Durch die beobachteten negativen Assoziationen mit verschiedenen Knochenparametern wie beispielsweise dem Knochenmineralgehalt und dem polaren Strength Strain Index (SSI), einem Indikator für die Bruchfestigkeit der Knochen, könnte der Verzehr von Erfrischungsgetränken das Risiko für Knochenbrüche in der Kindheit und für Osteoporose im späteren Leben erhöhen.

Insgesamt zeigten die Ergebnisse der verschiedenen Arbeitsschritte, dass der Verzehr von Erfrischungsgetränken und zum Teil auch der Verzehr von Fruchtsäften bei Jungen und Mädchen in der DONALD Studie das Risiko für die Entstehung weit verbreiteter ernährungsmitbedingter Erkrankungen wie Adipositas und Osteoporose erhöht. Eine Einschränkung des Konsums dieser Getränke kann somit einen sinnvollen Beitrag im Rahmen ganzheitlicher Präventionsstrategien für Kinder und Jugendliche in Deutschland leisten.

Summary: Influence of soft drink consumption on the nutrition and health status of children

US-American studies have not only observed associations between soft drink consumption and obesity, but also with poor of dietary quality and bone status in children and adolescents. Due to differences in dietary habits, contents of beverages, and lifestyle factors these results may not necessarily be transferable to children and adolescents in Germany. Therefore, data from the DONALD study (Dortmund Nutritional and Anthropometric Longitudinally Designed Study) were used to analyse the association between soft drink consumption and health outcomes in children and adolescents in Germany.

Consumption of soft drinks and fruit juices accounted for nearly 10 % of total energy intake in children and adolescents from the DONALD study (**chapter 3**). Therefore, clinically relevant consequences of soft drink consumption are also conceivable in Germany.

Energy consumed as part of beverages was incompletely compensated for by lower consumption of energy from other foods, which resulted in an increase in total energy intake in children and adolescents from the DONALD study (**chapter 4**). Accordingly, the consumption of soft drinks, and also fruit juices, might result in an energy imbalance and weight gain in the long-term.

Consumption of energetic beverages, i.e. soft drinks and fruit juices, was found to be associated with a concurrent increase in BMI Standard Deviation Scores (BMI-SDS) over a 5-year examination period in girls (**chapter 5**). In boys, only a cross-sectional association between the consumption of fruit juices at baseline and baseline BMI-SDS was observed. Therefore, consumption of energetic beverages might increase the risk of overweight at least in German girls.

The consumption of soft drinks was negatively associated with the intake of various nutrients in boys and girls (**chapter 6**). Most remarkable was the negative effect on folic acid and calcium due to inadequate mean intakes of these nutrients in various age groups in girls. There was a negative association between the consumption of soft drinks and overall diet quality in both, boys and girls. However, this association was stronger in girls. Since mean diet quality decreased with age in girls, high soft drink consumption in adolescent girls in particular might be cause for concern.

Long-term consumption of soft drinks was observed to be negatively associated with several parameters of bone modeling and remodeling of the forearm measured using peripheral quantitative computed tomography (pQCT) (**chapter 7**). This effect of soft drink consumption was not primarily mediated by milk displacement, but by lower protein intakes. Due to the observed negative associations with bone mineral content and polar strength strain index (SSI), which is an indicator of bone strength, the consumption of soft drinks might increase the risk of fractures in childhood and osteoporosis in later life.

Overall, the results of these analyses provided evidence that the consumption of soft drinks, and of fruit juices to some extent, increases the risk of developing diet-related diseases such as obesity and osteoporosis in boys and girls participating in the DONALD study. Therefore, limiting the consumption of these beverages would appear to be an important component of a public health prevention strategy in German children and adolescents.

Inhaltsverzeichnis

Veröffentlichungen

Zusammenfassung

Summary

1. Einleitung	1
1.1. Erfrischungsgetränke, Fruchtsäfte und Fruchtnektare – Definition und Einordnung	1
1.2. Mögliche Auswirkungen des Verzehrs von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften	3
1.3. Arbeitsziele	5
2. Studiendesign und Methodik	10
2.1. Studiendesign und Struktur der DONALD Studie	10
2.2. Ernährungsverhalten	11
2.3. Anthropometrische Daten	13
2.4. Statistische Analyse	14
3. Langfristige Getränkeverzehrsmuster von Kindern und Jugendlichen	17
3.1. Einleitung	17
3.2. Zielsetzung der Auswertung	17
3.3. Methoden	17
3.3.1. Studienkollektiv	17
3.3.2. Getränkegruppen	18
3.3.3. Statistische Analyse	18
3.4. Ergebnisse	18
3.5. Diskussion	21
3.6. Schlussfolgerung	23
4. Kompensation der Energiezufuhr aus Getränken	25
4.1. Einleitung	26
4.2. Zielsetzung der Auswertung	26
4.3. Methoden	27
4.3.1. Ernährungsdaten	27
4.3.2. Statistische Analyse	27
4.4. Ergebnisse	28
4.5. Diskussion	29
4.6. Schlussfolgerung	31

5. Assoziation zwischen dem Verzehr von energiehaltigen Getränken und dem Körpergewichtsstatus	33
5.1. Einleitung	34
5.2. Zielsetzung der Auswertung	35
5.3. Methoden	35
5.3.1. Studienkollektiv und Getränkegruppen	35
5.3.2. Anthropometrische Daten	35
5.3.3. Statistische Analyse	36
5.4. Ergebnisse	37
5.5. Diskussion	43
5.6. Schlussfolgerung	48
6. Assoziation zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und der Ernährungsqualität	52
6.1. Einleitung	53
6.2. Zielsetzung der Auswertung	54
6.3. Methoden	54
6.3.1. Studienkollektiv	54
6.3.2. Reguläre Erfrischungsgetränke	54
6.3.3. Nährstoffzufuhr und Ernährungsqualität	55
6.3.4. Statistische Analyse	56
6.4. Ergebnisse	57
6.4.1. Verzehr regulärer Erfrischungsgetränke und Nährstoffzufuhr	57
6.4.2. Effekte von Geschlecht und Alter auf den Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und die Nährstoffzufuhr	58
6.4.3. Assoziation zwischen dem Verzehr regulärer Erfrischungsgetränke und der Nährstoffzufuhr	58
6.5. Diskussion	67
6.6. Schlussfolgerung	70
7. Assoziation zwischen dem langfristigen Verzehr von Erfrischungsgetränken und Parametern des Modeling und Remodeling der Knochen	74
7.1. Einleitung	75
7.2. Zielsetzung der Auswertung	75
7.3. Methoden	76
7.3.1. Kollektiv und Ernährungsdaten	76

7.3.2. Anthropometrische Daten	77
7.3.3. Statistische Analyse	78
7.4. Ergebnisse	79
7.5. Diskussion	87
7.6. Schlussfolgerung	90
8. Zusammenfassende Diskussion	95
Danksagung	

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabellen

1.1. Kategorien energiehaltiger Getränke	2
1.2. Richtwerte für die Zufuhr von Wasser bei Kindern und Jugendlichen bei bedarfsgerechter Energiezufuhr und durchschnittlichen Lebensbedingungen	4
2.1. Untersuchte Getränkekategorien	13
3.1. Deskriptive Daten von Kindern und Jugendlichen aus der DONALD Studie	19
3.2. Muster des Getränkeverzehr bei Kindern und Jugendlichen der DONALD Studie	20
4.1. Querschnittsanalyse der Korrelation zwischen der Energiezufuhr über Getränken und der Energiezufuhr über die restlichen verzehrten Lebensmittel	28
5.1. Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Assoziation zwischen dem Verzehr von energiehaltigen Getränken und dem Körpergewichtsstatus bei Jungen aus der DONALD Studie	39
5.2. Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Assoziation zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften und dem Körpergewichtsstatus bei Jungen aus der DONALD Studie	40
5.3. Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Assoziation zwischen dem Verzehr von energiehaltigen Getränken und dem Körpergewichtsstatus bei Mädchen aus der DONALD Studie	41
5.4. Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Assoziation zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften und dem Körpergewichtsstatus bei Mädchen aus der DONALD Studie	42
6.1. Mittlere tägliche Nährstoffzufuhr und Gesamtqualität der Ernährung bei 2- bis 19-jährigen männlichen Teilnehmern der DONALD Studie	59
6.2. Mittlere tägliche Nährstoffzufuhr und Gesamtqualität der Ernährung bei 2- bis 19-jährigen weiblichen Teilnehmern der DONALD Studie	61
6.3. Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Assoziation zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und der Zufuhr von Makronutrienten bei 2- bis 19-jährigen Teilnehmern der DONALD Studie	64
6.4. Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Assoziation zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und der Zufuhr von Mikronutrienten bei 2- bis 19-jährigen Teilnehmern der DONALD Studie	65
6.5. Anreicherung von Mikronutrienten in regulären Erfrischungsgetränken	67

7.1. Anthropometrische Daten und Knochenparameter des Studienkollektivs zum Zeitpunkt der pQCT-Messung	81
7.2. Langfristige Verzehrdaten des Studienkollektivs in den 4 Jahren vor der pQCT-Messung	82
7.3. Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Assoziation zwischen der Veränderung des Verzehrs von Erfrischungsgetränken insgesamt und der gleichzeitigen Veränderung von Ernährungsvariablen	83
7.4. Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse zur Assoziation zwischen dem langfristigen Getränkeverzehr und Parametern des Modeling und Remodeling der Knochen bei 228 Kindern und Jugendlichen	85

Abbildungen

1.1. Unterschiedliche Definitionen der Getränkekategorie Softdrinks	3
2.1. Struktur der Untersuchungen im Rahmen der DONALD Studie	10

Abkürzungsverzeichnis

AIC	Akaike´s Information Criterion
ANOVA	Analysis of Variance
BIA	bioelektrische Impedanz-Analyse
BLS	Bundeslebensmittelschlüssel
BMI	Body Mass Index
BMI-SDS	BMI Standard Deviation Scores
DEXA	Dual Energy X-ray Absorptiometry
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DONALD	DOrtmund Nutritional and Anthropometric Longitudinally Designed Study
EsKiMO	Ernährungsstudie als KiGGS-Modul
FFQ	Food Frequency Questionnaire
FKE	Forschungsinstitut für Kinderernährung
HEI	Healthy Eating Index
HFCS	High Fructose Corn Syrup
IQS	Intake Quality Score
KiGGS	Kinder- und Jugendgesundheitsurvey
MAR	Mean Adequacy Ratio
NQI	Nutritional Quality Index
pQCT	periphere quantitative Computertomographie
PRAL	Potential Renal Acid Load
SAS	Statistical Analysis System
SSI	Strenght Strain Index
USDA	United States Department of Agriculture
wafg	Wirtschaftsvereinigung alkoholfreie Getränke

1. Einleitung

1.1. Erfrischungsgetränke, Fruchtsäfte und Fruchtnektare – Definition und Einordnung

Erfrischungsgetränke, Fruchtsäfte und Fruchtnektare sind Kategorien der energiehaltigen Getränke (Tabelle 1.1).

Der Begriff „Erfrischungsgetränk“ wird im deutschen Lebensmittelbuch in den Leitsätzen für Erfrischungsgetränke definiert [1]. Demnach beinhaltet diese Lebensmittelgruppe Getränke, die Trinkwasser, natürliches Mineralwasser, Quellwasser und/oder Tafelwasser und geschmackgebende Zutaten enthalten. Zusätzlich können unter anderem Kohlensäure, Aromen, Koffein und Zuckerarten enthalten sein.

Zu den Erfrischungsgetränken gehören neben Fruchtsaftgetränken, Fruchtschorlen, Limonaden und Brausen auch Sportgetränke, Energy Drinks und Eistee. Charakteristisch für diese heterogene Getränkekategorie ist der im Vergleich zu anderen Getränken hohe Gehalt schnell resorbierbarer Kohlenhydrate von zum Teil mehr als 10 g pro 100 ml (Ausnahme: energie- beziehungsweise kohlenhydratreduzierte Erfrischungsgetränke). In Mitgliedstaaten der EU wird als Zuckerart hauptsächlich Saccharose zugesetzt [2].

Die Kategorien „Fruchtsaft“ und „Fruchtnektar“ werden im deutschen Lebensmittelgesetz in der Fruchtsaftverordnung (FrSaftV) definiert [3]. Fruchtsaft besteht demnach ausschließlich aus dem Saft von Früchten. Nur in Ausnahmefällen dürfen zur Geschmackskorrektur Zucker oder konzentrierter Zitronensaft zugesetzt werden. Der Zusatz von Zucker muss auf der Verpackung gekennzeichnet werden.

Fruchtnektar wird gemäß FrSaftV aus Fruchtsäften durch Zusatz von Wasser und Zucker (maximal 20 % des Gesamtgewichts) hergestellt [3]. Je nach Fruchtart liegt der Mindestfruchtanteil zwischen 25 %, beispielsweise bei Bananennektar, und 50 %, beispielsweise bei Pfirsichnektar.

Tabelle 1.1. Kategorien energiehaltiger Getränke (nach [3, 4])

Kategorien	Untergruppen	Anforderungen
Fruchtsäfte	Direktsaft	100 % Fruchtanteil
	Fruchtsaft aus Frucht-saftkonzentrat	In Ausnahmefällen: 1,5 g Zuckerzusatz pro 100 ml zur Korrektur eines sauren Geschmacks 3,0 g Zitronensaft pro 100 ml zur Korrektur des Geschmacks
Fruchtnektar		25-50 % Fruchtanteil, maximal 20 % Zuckerzusatz
Erfrischungsgetränke	Fruchtsaftgetränke	6-30 % Saftanteil je nach Fruchtart
	Limonaden	Teilweise Fruchtsaft, mindestens 7 % Zucker, evtl. Süßstoffe, evtl. Koffein
	Brausen	Enthalten im Gegensatz zu Limonaden naturidentische und/oder künstliche Aromastoffe, Farbstoffe
	Eistee	Variable Anteile von Wasser, Zucker, natürliche Teeauszüge, evtl. weitere Zusätze
	Sportgetränke	Variable Anteile von Wasser, Zucker, angereichert mit Vitaminen und Mineralstoffen
	Energy Drinks	Limonaden mit Zusatzstoffen wie Taurin, Koffein und Guarana

In der englischsprachigen Literatur werden Erfrischungsgetränke als „Softdrinks“ bezeichnet. Allerdings existiert hier im Gegensatz zu den Leitsätzen im deutschen Lebensmittelbuch keine einheitliche Definition (Abbildung 1.1). Im Sinne des US-amerikanischen Landwirtschaftsministeriums (United States Department of Agriculture, USDA) umfasst der Begriff Softdrinks nur kohlen säurehaltige Getränke wie Limonaden, Brausen und aromatisierte Wassergetränke [5]. Zum Teil werden aber auch andere gezuckerte Getränke ohne Kohlensäure wie beispielsweise Eistee als Softdrink bezeichnet [2]. Allerdings werden diese Getränke ohne Kohlensäure und kohlen säurehaltige Softdrinks häufig auch als „sugar-sweetened beverages“ zusammengefasst. Im Gegensatz zu den Erfrischungsgetränken in der EU wird dieser Getränkegruppe in den USA in erster Linie High Fructose Corn Syrup (HFCS) als Zuckerart zugesetzt [6].

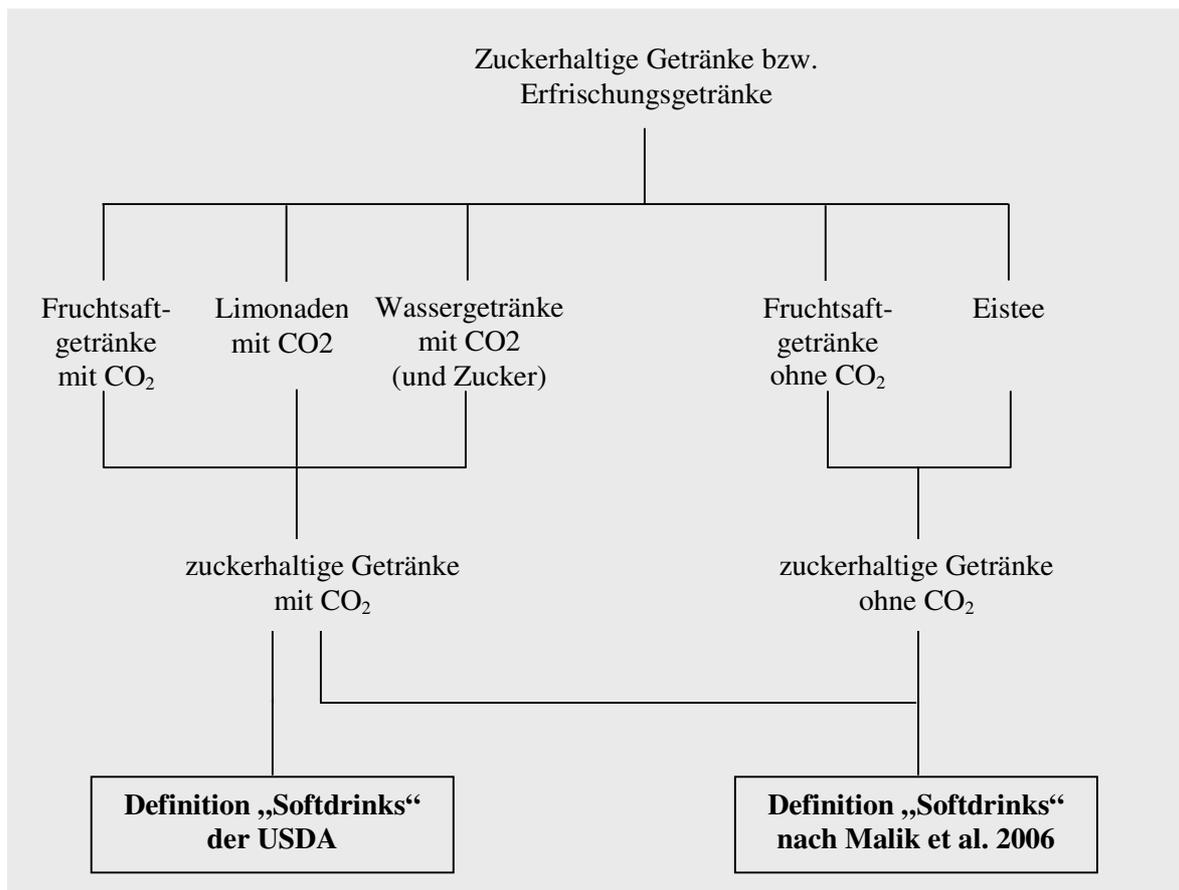


Abbildung 1.1. Unterschiedliche Definitionen der Getränkekategorie Softdrinks (nach [7])

1.2. Mögliche Auswirkungen des Verzehrs von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften

Getränke decken im Rahmen einer vollwertigen Ernährung den größten Teil des täglichen Wasserbedarfs (Tabelle 1.2). Kinder und Jugendliche sollten bei einer an den Energiebedarf angepassten Ernährung je nach Altersklasse zwischen 54 und 63 % der Gesamtwasserzufuhr in Form von Getränken aufnehmen [8]. Der restliche Bedarf wird durch Wasser in fester Nahrung (27 bis 33 %) sowie durch Oxidationswasser (10 bis 13 %), das bei der Metabolisierung von Makronährstoffen zur Energiegewinnung freigesetzt wird, gedeckt. Bei der Oxidation von 100 g Kohlenhydraten wird 55 ml Oxidationswasser gebildet, bei 100 g Protein 41 ml und bei 100 g Fett 107 ml.

Die Zufuhr von Energie und Nährstoffen über Getränke ist bei einer vollwertigen Ernährung nicht notwendig [9]. Im Präventionskonzept der Optimierten Mischkost für Kinder und Jugendliche [10, 11] werden daher energiefreie beziehungsweise energiearme Getränke wie Wasser, Tee oder Fruchtsaftschorlen empfohlen. Fruchtsäfte sollten dagegen nur mäßig konsumiert werden und Erfrischungsgetränke nur sparsam.

Tabelle 1.2. Richtwerte für die Zufuhr von Wasser bei Kindern und Jugendlichen bei bedarfsgerechter Energiezufuhr und durchschnittlichen Lebensbedingungen (nach [8])

Alter	Wasserzufuhr in ml				Wasserzufuhr ¹ in Bezug auf das KG ml pro kg KG und Tag
	Getränke ml/Tag	Feste Nahrung ml/Tag	Oxidations- wasser ml/Tag	Gesamt ml/Tag	
1 bis unter 4 Jahre	820	350	130	1300	95
4 bis unter 7 Jahre	940	480	180	1600	75
7 bis unter 10 Jahre	970	600	230	1800	60
10 bis unter 13 Jahre	1170	710	270	2150	50
13 bis unter 15 Jahre	1330	810	310	2450	40
15 bis unter 19 Jahre	1530	920	350	2800	40

KG, Körpergewicht

¹ ohne Oxidationswasser

Hintergrund für diese Empfehlung ist die Hypothese, dass eine Energiezufuhr über diese Getränke nicht oder nur unzureichend durch eine entsprechende Reduktion der Energiezufuhr über feste Nahrung kompensiert wird. Somit könnte der Verzehr von energiehaltigen Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften zu einer Steigerung der Gesamtenergiezufuhr und zu einem Überschuss in der Energiebilanz beitragen. Tatsächlich wurde in den USA beobachtet, dass ein enger zeitlicher Zusammenhang zwischen dem Anstieg des Verzehrs von Erfrischungsgetränken und den steigenden Übergewichtsraten besteht [12, 13]. Allerdings kann allein aufgrund dieser parallelen Entwicklung nicht auf einen kausalen Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und der Entstehung von Übergewicht geschlossen werden. Mit dem steigenden Verzehr von Erfrischungsgetränken könnten sich auch andere Lebensstilfaktoren und Verhaltensweisen wie beispielsweise die körperliche Aktivität oder sozioökonomische Faktoren verändert haben, die ihrerseits einen Einfluss auf das Körpergewicht haben. Außerdem könnten Ergebnisse aus amerikanischen Studien, die sich mit den Auswirkungen des Verzehrs von Erfrischungsgetränken auf das Körpergewicht bei Kindern beschäftigt haben, aufgrund von länderspezifischen Besonderheiten in der Zusammensetzung der Getränke und möglichen Unterschieden in den Verzehrsgewohnheiten und anderen Lebensstilfaktoren möglicherweise nicht auf Kinder und Jugendliche in

Deutschland zutreffen. Die Ergebnisse dieser Studien können damit nur Hinweise für mögliche Zusammenhänge liefern.

Neben der möglichen Verbindung mit der Entstehung von Übergewicht werden weitere Auswirkung des Verzehr von Erfrischungsgetränken vermutet. So weisen Ergebnisse amerikanischer Studien darauf hin, dass Erfrischungsgetränke andere Getränke mit höherer Dichte an essentiellen Nährstoffen wie beispielsweise Milch aus der Ernährung von Kindern und Jugendlichen verdrängen könnten [14]. Damit könnte der Verzehr von Erfrischungsgetränken einen negativen Einfluss auf die Zufuhr verschiedener Nährstoffe und die Gesamtqualität der Ernährung haben.

Außerdem wird vermutet, dass Erfrischungsgetränke durch eine Verdrängung der Milch als wichtiger Kalziumquelle bei Kindern und Jugendlichen einen indirekten Einfluss auf den Knochenstatus haben könnten [15, 16]. Bei koffeinhaltigen Erfrischungsgetränken wird zusätzlich aufgrund der Verwendung von Phosphorsäure als Säuerungsmittel und aufgrund des Koffeingehaltes eine direkte katabole Wirkung auf den Knochen diskutiert [17].

Sollten sich die vermuteten Auswirkungen des Konsums von Erfrischungsgetränken auf die Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland bestätigen, wäre eine Einschränkung des Verzehr ein möglicher Ansatzpunkt zur Prävention weit verbreiteter ernährungsmitbedingter Erkrankungen wie Adipositas und Osteoporose.

1.3. Arbeitsziele

Aufgrund des hohen Gehaltes an schnell absorbierbaren Kohlenhydraten, des niedrigen Gehaltes an Mikronährstoffen und des hohen Säuregehaltes wird gerade bei Kindern und Jugendlichen der Verzehr von Erfrischungsgetränken von Ärzten und Wissenschaftlern kritisch diskutiert. Man vermutet einen negativen Zusammenhang mit verschiedenen Aspekten der gesundheitlichen Entwicklung bei Kindern und Jugendlichen. Bisherige Forschungsergebnisse stammen in erster Linie aus den USA.

Um zu überprüfen, inwieweit die aufgrund amerikanischer Ernährungsstudien vermuteten Auswirkungen des Konsums von Erfrischungsgetränken bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland zu beobachten sind, müssen detaillierte Daten des Ernährungsverhaltens und der körperlichen Entwicklung von Kindern und Jugendlichen in Deutschland vorhanden sein. Diese Daten müssen für jeden Probanden mehrmals, also im Längsschnitt, erhoben worden sein um Hinweise auf kausale Zusammenhänge zu erhalten. In Querschnitterhebungen, in denen alle Variablen nur einmalig erhoben werden, können aufgrund der fehlenden zeitlichen Abgrenzung von Exposition und Outcome nur Assoziationen festgestellt werden, Ursache und Wirkung aber nicht voneinander abgegrenzt werden.

In der DONALD Studie (DOrtmund Nutritional and Anthropometric Longitudinally Designed Study) werden longitudinal detaillierte Daten zur Ernährung und körperlichen Entwicklung von Kindern und Jugendlichen in Deutschland erhoben. Anhand der Daten der DONALD Studie sollte daher in verschiedenen Schritten geprüft werden, inwiefern die vermuteten Zusammenhänge zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und Parametern der gesundheitlichen Entwicklung auch bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland beobachtet werden.

Teilaspekte im Einzelnen:

1.)

Zur Einordnung der Bedeutung von Erfrischungsgetränken in der Ernährung von Kindern und Jugendlichen in Deutschland sollten die langfristigen Verzehrsmuster von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften unter Berücksichtigung möglicher geschlechtsspezifischer Unterschiede untersucht werden. Zur Einordnung der klinischen Relevanz der Auswirkung des Verzehrs von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften sollten die ermittelten Verzehrsmengen aus der DONALD Studie im Vergleich zu Verzehrdaten aus repräsentativen Querschnitterhebungen aus den USA quantitativ eingeordnet werden.

2.)

Es sollte geprüft werden, inwiefern die Energiezufuhr in Form von energiereichen Getränken, also Erfrischungsgetränke und Fruchtsäfte insgesamt, durch eine entsprechende Einschränkung der Energiezufuhr über feste Nahrung unter Berücksichtigung möglicher Geschlechtsunterschiede kompensiert wird. Eine fehlende Energiekompensation würde zu einer Steigerung der Gesamtenergiezufuhr führen und wird daher als ein möglicher Mechanismus diskutiert, durch den der Verzehr energiereicher Getränke längerfristig den Körpergewichtstatus beeinflussen könnte.

3.)

Die Assoziation zwischen dem Verzehr von energiereichen Getränken und der Veränderung von Parametern des Körpergewichtstatus sollte unter Berücksichtigung möglicher Geschlechtsunterschiede überprüft werden. Des Weiteren sollte die Wirkung des Verzehrs von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften als einzelne Einflussfaktoren untersucht werden.

4.)

Der Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und der Zufuhr einzelner Nährstoffe sowie der Gesamtqualität der Ernährung sollte festgestellt werden. Dabei sollten in Bezug auf Alter und Geschlecht Untergruppen identifiziert werden, die möglicherweise besonders von dem vermuteten negativen Zusammenhang betroffen sind.

5.)

Der Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken insgesamt sowie von koffeinhaltigen und nicht-koffeinhaltigen Erfrischungsgetränken und verschiedenen Parametern des Modeling und Remodeling der Knochen sollte analysiert werden. Durch Adjustierung für verschiedene Covariablen sollte zudem geprüft werden, ob ein möglicher Effekt direkt durch Inhaltsstoffe der Erfrischungsgetränke oder indirekt durch eine Verdrängung der Milch aus der Ernährung verursacht wird.

Insgesamt sollten die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsziele eine abschließende Bewertung der Auswirkungen des Verzehrs von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften auf die gesundheitliche Entwicklung bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland ermöglichen. Weiterhin können die Ergebnisse als Basis für eine Definition wissenschaftlich fundierter praktischer Regeln für das Trinkverhalten von Kindern und Jugendlichen dienen.

Literatur

- [1] Leitsätze für Erfrischungsgetränke, 2003
- [2] Malik VS, Schulze MB, Hu FB (2006): Intake of sugar-sweetened beverages and weight gain: a systematic review. *Am J Clin Nutr*; **84**(2): 274-288.
- [3] Fruchtsaftverordnung vom 24. Mai 2004 (BGBl. I S.1016), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 9. Oktober 2006 (BGBl. I S.2260), 2004
- [4] Ernährungskommission der Deutschen Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin DGKJ, Ernährungskommission der Österreichischen Gesellschaft für Kinder- und Jugendheilkunde ÖGKJ, Ernährungskommission der Schweizerischen Gesellschaft für Pädiatrie SGP (2008): Empfehlungen zum Verzehr zuckerhaltiger Getränke durch Kinder und Jugendliche. *Monatsschr Kinderheilkd*; **156**: 484-487.
- [5] U.S. Department of Agriculture ARS (1999), Food Surveys Research Group: Food and Nutrient Intakes by Children 1994-96, 1998. online. www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12355000/pdf/scs_all.pdf. Zugriff am: 09.08.2008.
- [6] Jurgens H, Haass W, Castaneda TR, Schurmann A, Koebnick C, Dombrowski F, Otto B, Nawrocki AR, Scherer PE, Spranger J, Ristow M, Joost HG, Havel PJ, Tschop MH (2005): Consuming fructose-sweetened beverages increases body adiposity in mice. *Obes Res*; **13**(7): 1146-1156.
- [7] Libuda L, Alexy U, Stehle P, Kersting M (2008): Konsum von Erfrischungsgetränken und Entwicklung des Körpergewichts im Kindes- und Jugendalter - Gibt es eine Verbindung? *Aktuel Ernaehr Med*; **33**: 123-131.
- [8] Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung, Schweizerische Vereinigung für Ernährung: Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 1.Auflage, 2. korrigierter Nachdruck. 2001: Umschau/Braus.
- [9] Popkin BM, Armstrong LE, Bray GM, Caballero B, Frei B, Willett WC (2006): A new proposed guidance system for beverage consumption in the United States. *Am J Clin Nutr*; **83**(3): 529-542.
- [10] Forschungsinstitut für Kinderernährung: Empfehlungen für die Ernährung von Kindern und Jugendlichen. 2. überarbeitete Auflage. 2008, Dortmund.
- [11] Alexy U, Clausen K, Kersting M (2008): Die Ernährung gesunder Kinder und Jugendlicher nach dem Konzept der Optimalen Mischkost. *Ernährungs-Umschau*; **3/08**: 168-177.
- [12] Ludwig DS, Peterson KE, Gortmaker SL (2001): Relation between consumption of sugar-sweetened drinks and childhood obesity: a prospective, observational analysis. *Lancet*; **357**(9255): 505-508.
- [13] Bachman CM, Baranowski T, Nicklas TA (2006): Is there an association between sweetened beverages and adiposity? *Nutr Rev*; **64**(4): 153-174.
- [14] Vartanian LR, Schwartz MB, Brownell KD (2007): Effects of soft drink consumption on nutrition and health: a systematic review and meta-analysis. *Am J Public Health*; **97**(4): 667-675.
- [15] Heaney RP, Rafferty K (2001): Carbonated beverages and urinary calcium excretion. *Am J Clin Nutr*; **74**(3): 343-347.
- [16] Whiting SJ, Vatanparast H, Baxter-Jones A, Faulkner RA, Mirwald R, Bailey DA (2004): Factors that affect bone mineral accrual in the adolescent growth spurt. *J Nutr*; **134**(3): 696S-700S.

- [17] Tucker KL, Morita K, Qiao N, Hannan MT, Cupples LA, Kiel DP (2006): Colas, but not other carbonated beverages, are associated with low bone mineral density in older women: The Framingham Osteoporosis Study. *Am J Clin Nutr*; **84**(4): 936-942.

2. Studiendesign und Methodik

2.1. Studiendesign und Struktur der DONALD Studie

Die DONALD Studie ist eine im Jahr 1985 in Dortmund gestartete offene Kohortenstudie, in der Zusammenhänge zwischen Ernährung, Stoffwechsel, Wachstum und Entwicklung bei gesunden Säuglingen, Kindern und Jugendlichen im Alter von 3 Monaten bis 18 Jahren untersucht werden. Pro Jahr werden etwa 40 Säuglinge aus der Stadt Dortmund oder der unmittelbaren Umgebung neu in die Studie aufgenommen. Im Wesentlichen beruht die Rekrutierung neuer Probanden auf der Empfehlung von Eltern, die mit ihren Kindern bereits an der DONALD Studie teilnehmen. Insgesamt haben bisher etwa 1100 Probanden an den regelmäßigen Untersuchungen teilgenommen (Abbildung 2.1), bei denen unter anderem die Verzehrsgewohnheiten und die körperliche und gesundheitliche Entwicklung untersucht werden [1, 2]. In Interviews mit den Eltern werden unter anderem soziodemographische Daten erhoben.

Die DONALD Studie ist eine reine Beobachtungsstudie und beinhaltet keine Intervention. Die Untersuchungen im Rahmen der DONALD Studie wurden von der Ethikkommission der Universität Bonn geprüft und genehmigt. Zusätzlich wurde die Analyse der Knochendaten mittels peripherer quantitativer Computertomographie (pQCT) vom Bundesamt für Strahlenschutz in Salzgitter genehmigt. Alle Untersuchungen wurden mit schriftlicher Einwilligung der Probanden beziehungsweise der Erziehungsberechtigten durchgeführt.

Für die vorliegende Arbeit wurden unter Berücksichtigung der zur Untersuchung der einzelnen Teilaspekte erforderlichen Altersstruktur und des Beobachtungszeitraums Teilkollektive der Probanden der DONALD Studie definiert, deren Daten zur Bearbeitung der jeweiligen Teilaspekte ausgewertet wurden. Bei der Interpretation der Ergebnisse der DONALD Studie müssen einige grundsätzliche aus dem Studiendesign resultierende Stärken und Schwächen berücksichtigt werden (siehe Kapitel 8).

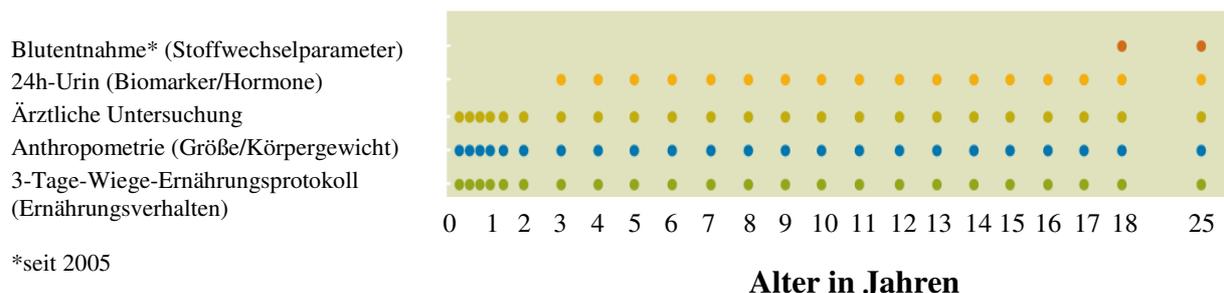


Abbildung 2.1. Struktur der Untersuchungen im Rahmen der DONALD Studie (nach [1])

2.2. Ernährungsverhalten

Die Daten zu den Verzehrsgewohnheiten werden prospektiv anhand von **3-Tage-Wiege-Protokollen** erfasst. Dazu werden in einem Zeitraum von 3 aufeinanderfolgenden Tagen alle verzehrten Speisen und Getränke mittels digitaler Waagen (WEDO Digi 2000) von den Kindern beziehungsweise ihren Eltern auf 1 g genau gewogen und die Verzehrsmengen des jeweiligen Lebensmittels protokolliert. Ist ein Wiegen der Speisen beispielsweise bei Außer-Haus-Verzehr nicht möglich, können semi-quantitative Angaben wie beispielsweise die Angabe der Anzahl von Teelöffeln oder Gläsern gemacht werden. Dennoch zeigte sich, dass an mehr als 80 % der Protokolltage mehr als 90 % der protokollierten Lebensmittel gewogen wurden [3].

Zu Berechnung der **Energie- und Nährstoffzufuhr** wird die kontinuierlich aktualisierte Nährstoffdatenbank **LEBTAB** verwendet [4], in der alle in der DONALD Studie protokollierten Lebensmittel mit ihrem Gehalt an Energie und mehr als 30 Nährstoffen enthalten sind. Die Nährwerte von Grundlebensmitteln wurden aus Standardnährwerttabellen wie dem Bundeslebensmittelschlüssel (BLS) übernommen [5]. Bei Produkten werden Nährwerte, die nicht auf der Verpackung deklariert sind, anhand von Rezeptsimulationen unter Berücksichtigung der auf der Verpackung angegebenen Zutaten und Nährstoffzusätzen geschätzt. Zurzeit sind in **LEBTAB** mehr als 6970 Einträge gespeichert, davon 920 Grundlebensmittel, 5830 Produkte und 220 Supplemente [1]. Die genaue Erfassung des Verzehrs einzelner Lebensmittel und Produkte ermöglicht eine detaillierte Auswertung nach speziellen Lebensmittel- und Getränkegruppen, die entsprechend der Arbeitshypothese flexibel definiert werden können.

Auf Grundlage der 3-Tage-Wiege-Protokolle wurde für die einzelnen Arbeitsschritte zunächst der Gesamtverzehr einzelner Lebensmittel und Nährstoffe an jedem Protokolltag summiert. Aus den Summen der einzelnen Tagen wurde anschließend der durchschnittliche Verzehr in 3 Tagen als arithmetisches Mittel berechnet. Der berechnete Mittelwert spiegelt den täglichen Durchschnittsverzehr eines Lebensmittels oder eines Nährstoffes des jeweiligen Probanden im Erhebungsjahr wider.

Bei der Zusammenstellung der Teilkollektive zur Bearbeitung der einzelnen Teilaspekte wurden nur Ernährungsdaten aus plausiblen Ernährungsprotokollen berücksichtigt. Die **Plausibilität** wurde anhand des Verhältnisses der protokollierten durchschnittlichen Gesamtenergiezufuhr zum berechneten Grundumsatz beurteilt. Der Grundumsatz wurde anhand der alters- und geschlechtsspezifischen Formeln von Schofield unter Berücksichtigung der Körpergröße und des Körpergewichts berechnet [6]. Bei

Unterschreitung alters- und geschlechtsspezifischer Grenzwerte für das Verhältnis zwischen der Gesamtenergiezufuhr und dem Grundumsatz (bis zu einem Alter von 6 Jahren: 0,97 für Jungen und Mädchen; bei 6-13 Jährigen: 1,04 für Jungen und 1,01 für Mädchen; bei 14-18 Jährigen: 1,07 für Jungen und 0,97 für Mädchen) wurden Ernährungsprotokolle als unplausibel bewertet und von der weiteren Auswertung ausgeschlossen [7].

Je nach Fragestellung wurden unterschiedliche **Getränkegruppen** untersucht und der entsprechende Durchschnittsverzehr berechnet (Tabelle 2.1). Grundsätzlich wurden Erfrischungsgetränke gemäß dem deutschen Lebensmittelbuch als kohlen säurehaltige oder nicht-kohlen säurehaltige, gesüßte Getränke wie beispielsweise Fruchtsaftgetränke, Limonaden und Eistee definiert [8]. Allerdings wurde Fruchtnektar anders als in der Fruchtsaftverordnung [9] nicht als eigenständige Getränkekategorie ausgewertet, sondern hier aufgrund der ähnlichen Zusammensetzung zu den Erfrischungsgetränken gerechnet.

Je nach Teilaspekt wurden Erfrischungsgetränke in verschiedene Unterkategorien unterteilt. Entsprechend dem Energiegehalt wurden reguläre und energiereduzierte Erfrischungsgetränke unterschieden. Für die Analyse möglicher Unterschiede in der Wirkung auf den Knochenstoffwechsel wurden koffeinhaltige und nicht-koffeinhaltige Erfrischungsgetränke unterschieden.

Tabelle 2.1. Untersuchte Getränkekategorien

Arbeits-schritt	Teilaspekte	Untersuchte Getränkekategorien
1	Langfristige Getränkeverzehrsmuster	Reguläre Erfrischungsgetränke Energiereduzierte Erfrischungsgetränke Energiehaltige Getränke Fruchtsäfte
2	Energiekompensation nach Getränkeverzehr	Reguläre Erfrischungsgetränke Energiereduzierte Erfrischungsgetränke Energiehaltige Getränke Fruchtsäfte
3	Assoziation zwischen Getränkeverzehr und Körpergewichtsstatus	Reguläre Erfrischungsgetränke Energiereduzierte Erfrischungsgetränke Energiehaltige Getränke Fruchtsäfte
4	Assoziation zwischen Getränkeverzehr und Ernährungsqualität	Reguläre Erfrischungsgetränke
5	Assoziation zwischen Getränkeverzehr und Knochenstatus	Erfrischungsgetränke gesamt Koffeinhaltige Erfrischungsgetränke Nicht-koffeinhaltige Erfrischungsgetränke Trinkmilch

2.3. Anthropometrische Daten

Die anthropometrischen Untersuchungen werden von speziell geschulten Krankenschwestern durchgeführt. Mittels eines Stadiometers (Harpenden) und einer medizinischen Personenwaage (Seca 753 E) werden die **Körpergröße** auf 0,1 cm und das **Körpergewicht** auf 0,1 kg genau gemessen. Größe und Gewicht der Eltern wird im Studienverlauf im Rahmen der Untersuchungen zu insgesamt 5 Zeitpunkten erfasst. Der **Body Mass Index (BMI)** für die Kinder und Eltern wird nach folgender Formel berechnet:

$$\text{BMI} = \frac{\text{Gewicht (kg)}}{\text{Größe (m)} \times \text{Größe (m)}}$$

Auf Grundlage der Referenzperzentilen des BMI für Kinder und Jugendliche in Deutschland werden **BMI Standard Deviation Scores (BMI-SDS)** berechnet [10], die eine alters- und geschlechtsunabhängige Betrachtung des BMI ermöglichen.

Zur Bestimmung des Körperfettgehaltes werden an der rechten Körperseite die subscapuläre Hautfettfalte und die Hautfettfalte am Trizeps mittels eines Kalipers (Holtain Ltd, Crosswell, Dyfed, UK) auf 0,1 mm genau gemessen. Anhand der Formeln von Slaughter wird der Körperfettgehalt aus der Summe der beiden Einzelwerte errechnet [11].

Im Zeitraum zwischen Juli 1998 und Juni 1999 wurde an insgesamt 371 Probanden im Alter von 6 bis 18 Jahren neben den in Abbildung 1 dargestellten Untersuchungen zusätzlich eine Messung von Parametern des **Knochenstatus** mittels peripherer pQCT am nicht-dominanten Unterarm durchgeführt. Für diese Messung wurde eine XTC-2000 Einheit (Stratec Inc., Pforzheim, Deutschland) verwendet, die mit einer Niedrigenergie Röntgenröhre (38 keV) ausgestattet ist. Die Messung des Radius wurde an der Stelle des maximalen Unterarmumfangs im Abstand von 65 % des Unterarms proximal zur radialen Endplatte durchgeführt [12]. Die Strahlungsquelle emittierte eine effektive Strahlung von 0,1 μSv bei einer Spannung von 45 kV und einer Stromstärke von 15 μA . Die Tomographie erfasste einen 2 mm dicken Querschnitt mit einer Voxel-Größe von 0,4 x 0,4 x 2 mm. Aus der Geschwindigkeit der Bewegung des Scanners von 15 mm x s^{-1} resultierte eine Gesamtmesszeit von 2 bis 5 Minuten je nach Durchmesser des Unterarms der Probanden. Die Bildbearbeitung und Berechnung der Knochenwerte wurde anhand einer gerätespezifischen Software durchgeführt (Software Version 5.40).

2.4. Statistische Analyse

Zur Durchführung aller statistischen Tests und Analysen im Rahmen der hier vorliegenden Auswertungen wurde die Statistik-Software SAS (Statistical Analysis System, Version 8.02, 2001, Cary, NC, USA) verwendet. Deskriptive Daten wurden, falls nicht anderweitig deklariert, als Mittelwert \pm Standardabweichung angegeben. Die zur Untersuchung der Teilaspekte verwendeten statistischen Testmethoden werden in den jeweiligen Kapiteln beschrieben. In allen statistischen Tests wurde eine Wahrscheinlichkeit $p < 0,05$ als signifikant definiert.

Literatur

- [1] Kersting M, Alexy U (2008): Die Donald Studie. *Ernährungsumschau*; **1/08**: 16-19.
- [2] Kroke A, Manz F, Kersting M, Remer T, Sichert-Hellert W, Alexy U, Lentze MJ (2004): The DONALD Study. History, current status and future perspectives. *Eur J Nutr*; **43**(1): 45-54.
- [3] Kersting M, Sichert-Hellert W, Lausen B, Alexy U, Manz F, Schoch G (1998): Energy intake of 1 to 18 year old German children and adolescents. *Z Ernährungswiss*; **37**(1): 47-55.
- [4] Sichert-Hellert W KM, Chahda C, Schaefer R, Kroke A (2007): German food composition database for dietary evaluations in children and adolescents. *Journal of Food Composition and Analysis*; **20**: 63-70.
- [5] Dehne LI, Klemm C, Henseler G, Hermann-Kunz E (1999): The German Food Code and Nutrient Data Base (BLS II.2). *Eur J Epidemiol*; **15**(4): 355-359.
- [6] Schofield WN (1985): Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr*; **39 Suppl 1**: 5-41.
- [7] Sichert-Hellert W, Kersting M, Schoch G (1998): Underreporting of energy intake in 1 to 18 year old German children and adolescents. *Z Ernährungswiss*; **37**(3): 242-251.
- [8] Leitsätze für Erfrischungsgetränke, 2003
- [9] Fruchtsaftverordnung vom 24. Mai 2004 (BGBl. I S.1016), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 9. Oktober 2006 (BGBl. I S.2260), 2004
- [10] Kromeyer-Hauschild K WM, Kunze D, Geller F, Geiss HC, Hesse V, von Hippel A, Jaeger U, Johnsen D, Korte W, Menner K, Mueller G, Mueller JM, Niemann-Pilatus A, Remer T, Schaefer F, Wittchen H-U, Zabransky S, Zellner K, Ziegler A, Hebebrand J. (2001): [Percentiles of body mass index in children and adolescents evaluated from different regional German studies] In German. *Monatsschrift Kinderheilkd*; **149**: 807-818.
- [11] Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, Bembien DA (1988): Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol*; **60**(5): 709-723.
- [12] Neu CM, Rauch F, Rittweger J, Manz F, Schoenau E (2002): Influence of puberty on muscle development at the forearm. *Am J Physiol Endocrinol Metab*; **283**(1): E103-107.

3. Langfristige Getränkeverzehrsmuster von Kindern und Jugendlichen*

Zusammenfassung

Hintergrund: Daten aus den USA zeigen, dass Erfrischungsgetränke beziehungsweise Softdrinks von Kindern und Jugendlichen häufig getrunken werden. Bislang gab es allerdings noch keine Informationen der Verzehrsmuster von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften von Kindern und Jugendlichen in Deutschland.

Zielsetzung: Anhand der Daten der DONALD Studie sollten die langfristigen Verzehrsmengen und Verzehrshäufigkeiten von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften bei 9- bis 18 jährigen Kindern und Jugendlichen in Deutschland in einem individuellen Zeitraum von 5 Jahren festgestellt werden. Zur Einordnung der Getränkemengen wurde der durchschnittliche langfristige Verzehr von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften der Probanden der DONALD Studie mit dem durchschnittlichen Getränkeverzehr von Kindern und Jugendlichen in den USA verglichen.

Methoden: Der individuelle Getränkeverzehr pro Protokolljahr wurde als Mittelwert der 3 Protokolltage ermittelt. Der langfristige individuelle tägliche Getränkeverzehr wurde als arithmetisches Mittel aus allen 4-6 Protokollen eines Probanden berechnet. Der durchschnittliche Verzehr der Getränkegruppen wurde als arithmetisches Mittel getrennt für Jungen und Mädchen berechnet. Berücksichtigt wurde der Verzehr von regulären und energie-reduzierten Erfrischungsgetränken sowie der Verzehr von Fruchtsäften. Energiehaltige Getränke wurden als Summe aus regulären Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften definiert.

Ergebnisse: Der langfristige Verzehr von energiehaltigen Getränken lag bei Jungen durchschnittlich bei 603 g pro Tag (9,8 % der Gesamtenergie) und bei Mädchen bei 441 g (9,3 % der Gesamtenergie). Jungen tranken langfristig signifikant größere Mengen von energiehaltigen Getränken und regulären Erfrischungsgetränken als Mädchen. Der langfristige Verzehr von Fruchtsäften unterschied sich zwischen Jungen und Mädchen nicht signifikant. Energiereduzierte Erfrischungsgetränke wurden von Jungen und Mädchen nur wenig verzehrt.

Schlussfolgerung: Erfrischungsgetränke und Fruchtsäfte sind bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland sehr beliebt. Die hohen Verzehrsmengen US-amerikanischer Kinder und Jugendliche werden allerdings insgesamt nicht erreicht.

* Libuda L., Alexy U., Sichert-Hellert W., Stehle P., Karaolis-Danckert N., Buyken A.E., Kersting M.: Pattern of beverage consumption and long-term association with body-weight status in German adolescents – results from the DONALD study; Br J Nutr 2008; **99**: 1370-1379

3.1. Einleitung

Gemäß dem Präventionskonzept der Optimierten Mischkost sollten Kinder und Jugendliche Erfrischungsgetränke nur sparsam und Säfte nur mäßig verzehren [1, 2]. Daten aus den USA zeigen allerdings, dass gerade Erfrischungsgetränke beziehungsweise Softdrinks bei Kindern und Jugendlichen sehr gefragt sind. Zwischen 1977 und 1998 hat sich der durchschnittliche Verzehr von Erfrischungsgetränken bei Kindern und Jugendlichen in den USA mehr als verdoppelt [3]. Daten aus der bundesweiten Ernährungsstudie EsKiMO von 2006 deuten an, dass Erfrischungsgetränke auch in Deutschland von Kindern und Jugendlichen häufig getrunken werden [4]. Allerdings gab es bislang noch keine Auswertungen der langfristigen Verzehrsmuster von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland.

3.2. Zielsetzung der Auswertung

Anhand der Daten der DONALD Studie sollten die langfristigen Verzehrsmengen und Verzehrshäufigkeiten von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland in einem individuellen Zeitraum von 5 Jahren festgestellt werden. Außerdem sollten mögliche Unterschiede in den Verzehrsgewohnheiten in Abhängigkeit vom Alter und dem Geschlecht untersucht werden. Zur Einordnung der Getränkemengen wurde der durchschnittliche langfristige Verzehr von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften der Probanden der DONALD Studie mit dem durchschnittlichen Getränkeverzehr von Kindern und Jugendlichen in den USA verglichen.

3.3. Methoden

3.3.1. Studienkollektiv

Ergebnisse einer früheren Analyse der DONALD Studie deuteten darauf hin, dass Erfrischungsgetränke gerade von Kindern ab einem Alter von etwa 9 Jahren häufig getrunken werden [5]. Das langfristige Verzehrverhalten von Probanden ab 9 Jahren wurde für diese Auswertung als individueller Verzehr während insgesamt 5 Jahren der Teilnahme an der DONALD Studie definiert. Daher kamen von den insgesamt mehr als 1100 Teilnehmern der DONALD Studie für diese Auswertung nur die 309 Probanden in Frage, die ihr letztes Protokoll im Alter von 14 Jahren oder später angefertigt haben. Ausgewertet wurden letztlich die Daten aus 1316 3-Tage-Wiege-Ernährungsprotokollen von 244 Probanden (125 Jungen), die im Zeitraum von 5 Jahren zumindest 4 plausible von 6 maximal möglichen 3-Tage-Wiege-Ernährungsprotokollen angefertigt haben. Das Alter bei der letzten Untersuchung lag

zwischen 14 und 18 Jahren (Durchschnitt: 16,8 Jahre). Insgesamt waren die Wochentage (75,6 %) und die Wochenendtage (24,4 %) in den ausgewerteten Protokollen proportional verteilt.

3.3.2. Getränkegruppen

Ausgewertet wurde der Verzehr von regulären und energiereduzierten Erfrischungsgetränken sowie der Verzehr von Fruchtsäften. Als Fruchtsäfte wurden Getränke mit einem Fruchtanteil von 100 % definiert. Energiehaltige Getränke wurden als Summe aus regulären Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften berechnet. Zusätzlich wurde der Gesamtgetränkeverzehr einschließlich Wasser, Tee und Kaffee berechnet. Der Verzehr von Milch und milchhaltigen Getränken wurde für diese Auswertung nicht in den Gesamtgetränkeverzehr einberechnet.

3.3.3. Statistische Analyse

Der durchschnittliche individuelle Verzehr pro Protokolljahr wurde als Mittelwert der 3 Protokolltage ermittelt (siehe Kapitel 2). Anschließend wurde der langfristige individuelle tägliche Verzehr als arithmetisches Mittel aus allen 4-6 Protokollen eines Probanden berechnet. Der durchschnittliche Verzehr der Getränkegruppen wurde als arithmetisches Mittel (\pm Standardabweichung) getrennt für Jungen und Mädchen angegeben. Geschlechtsspezifische Unterschiede in den Verzehrsmengen wurden anhand des Wilcoxon Rangsummentest geprüft. Alterseffekte zwischen dem ersten und dem letzten Protokolljahr wurden anhand des Wilcoxon Vorzeichentest geprüft.

3.4. Ergebnisse

Die deskriptiven Daten des Kollektivs sind in Tabelle 3.1 dargestellt. Zu Beginn des 5-jährigen Untersuchungszeitraumes unterschieden sich Jungen und Mädchen nur bezüglich des Körperfettanteils und der Gesamtenergiezufuhr, nicht aber in Größe, Gewicht oder BMI. 5 Jahre später waren die untersuchten Jungen signifikant größer und schwerer als die Mädchen. Ein Unterschied im BMI bestand allerdings nicht. Bei beiden Geschlechtern lag der altersstandardisierte BMI-SDS nahe dem Nullpunkt. Damit entsprach der BMI der untersuchten Jungen und Mädchen im Mittel annähernd dem deutschen Referenzkollektiv [6].

Tabelle 3.1. Deskriptive Daten von Kindern und Jugendlichen aus der DONALD Studie¹

	Jungen (n=125)		Mädchen (n=119)	
	Erste Untersuchung	Letzte Untersuchung	Erste Untersuchung	Letzte Untersuchung
Alter [Jahre]	11,9 ± 1,6	16,8 ± 1,5	11,8 ± 1,5	16,8 ± 1,5
Größe [cm]	154,9 ± 12,4	179,5 ± 8,4 ^a	154,7 ± 11,7	169,0 ± 6,2 ^{ab}
Gewicht [kg]	44,3 ± 11,0	69,1 ± 11,7 ^a	44,8 ± 11,4	61,8 ± 10,7 ^{ab}
BMI [kg/(m) ²]	18,2 ± 2,3	21,3 ± 2,7 ^a	18,4 ± 2,8	21,6 ± 3,1 ^a
BMI-SDS	-0,05 ± 0,85	0,03 ± 0,94	-0,05 ± 0,99	0,12 ± 1,06 ^a
Übergewichtige [%] ²	4	6,4	8,4	5,0
Adipöse [%] ³	0	0,8	1,7	5,9
Körperfett [%]	17,8 ± 6,2	16,4 ± 7,8 ^a	20,6 ± 7,1 ^b	26,3 ± 7,3 ^{ab}
Gesamtenergie[kJ]	8.872 ± 1.888	11.135 ± 2.130 ^a	7.636 ± 1.561 ^b	8.140 ± 1.606 ^{ab}

¹ Mittelwerte ± SD (mit Ausnahme von Prozentangaben)

² definiert als BMI > 90. Perzentile und < 97. Perzentile

³ definiert als BMI > 97. Perzentile

^a Signifikanter Unterschied zwischen erster und letzter Untersuchung (p<0.05) nach Wilcoxon Vorzeichen-Test

^b Signifikanter Geschlechtsunterschied (p<0.001) nach Wilcoxon Rangsummen-Test

Der langfristige Gesamtgetränkeverzehr in dem untersuchten Zeitraum von 5 Jahren betrug bei Jungen 1560 g pro Tag und bei Mädchen 1192 g pro Tag. Der langfristige Verzehr von energiehaltigen Getränken lag bei Jungen durchschnittlich bei 603 g und bei Mädchen bei 441 g pro Tag (Tabelle 3.2). Erfrischungsgetränke machten damit bei Jungen 23,8 % und bei Mädchen 20,6 % des Gesamtgetränkeverzehrs aus. Der Anteil der Fruchtsäfte am Gesamtgetränkeverzehr betrug 14,9 % bei Jungen und 16,4 % bei Mädchen. Insgesamt lag der Anteil energiehaltiger Getränke bei Jungen bei 38,8 % und bei Mädchen bei 37,0 % an der Gesamtgetränkezufuhr. Energiereduzierte Erfrischungsgetränke wurden dagegen von beiden Geschlechtern durchschnittlich nur in geringen Mengen konsumiert. Über den gesamten Untersuchungszeitraum wurde der Verzehr von energiereduzierten Erfrischungsgetränken nur in 6,9 % aller Protokolle der Jungen und 13,8 % der Protokolle der Mädchen angegeben, der Verzehr von energiehaltigen Getränken dagegen in 96,8 % beziehungsweise 95,0 % der Protokolle.

Tabelle 3.2. Muster des Getränkeverzehr bei Kindern und Jugendlichen der DONALD Studie*

	Jungen (n=125)			Mädchen (n=119)		
	Erstes Protokoll	Letztes Protokoll	Langfristiger Verzehr ¹	Erstes Protokoll	Letztes Protokoll	Langfristiger Verzehr ¹
Energiehaltige Getränke²						
Verzehr [g/d]						
Mittelwert ± SD	455 ± 326	732 ± 566 ^a	603 ± 351	423 ± 311	487 ± 386 ^{ab}	441 ± 253 ^b
P50 (25;75)	396 (229;643)	629 (308;1041)	521 (357;788)	370 (173;594)	447 (194;670)	420 (236;579)
En% (MW ± SD)	8,8 ± 5,9	10,4 ± 7,5 ^a	9,8 ± 4,9	9,3 ± 6,5	9,8 ± 7,4	9,3 ± 5,2
Protokolle [%] ³	96,0	96,0	96,8	96,3	96,6	95,0
Reguläre Erfrischungsgetränke⁴						
Verzehr [g/d]						
Mittelwert ± SD	277 ± 296	455 ± 498 ^a	371 ± 315	243 ± 273	240 ± 290 ^b	245 ± 220 ^b
P50 (25;75)	200 (38;403)	300 (62;712)	281 (130;527)	167 (0;371)	133 (0;400)	204 (72;340)
En% (MW ± SD)	5,1 ± 5,1	6,5 ± 7,0	5,8 ± 4,6	5,2 ± 5,6	4,8 ± 5,8	5,1 ± 4,7
Protokolle [%]	76,8	77,6	80,0	73,1	72,3	72,1
Fruchtsäfte⁵						
Verzehr [g/d]						
Mittelwert ± SD	178 ± 224	277 ± 348 ^a	232 ± 206	180 ± 236	247 ± 270 ^a	196 ± 162
P50 (25;75)	97 (0;289)	175 (2;431)	172 (89;332)	110 (0;259)	176 (46;390)	153 (79;265)
En% (MW ± SD)	3,7 ± 4,7	3,9 ± 4,6	4,0 ± 3,6	4,1 ± 4,8	5,0 ± 5,2	4,2 ± 3,4
Protokolle [%]	75,2	76,8	76,8	74,0	84,9	75,9
Energiereduzierte Erfrischungsgetränke⁶						
Verzehr[g/d]						
Mittelwert ± SD	25 ± 116	32 ± 183	29 ± 125	15 ± 84	41 ± 135 ^{ac}	27 ± 63 ^c
P50 (25;75)	0 (0;0)	0 (0;0)	0 (0;3)	0 (0;0)	0 (0;0)	0 (0;25)
En% (MW ± SD)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1 ^{ab}	< 0,1 ^b
Protokolle [%]	8,0	4,8	6,9	5,0	16,8	13,8

* Ergebnisse beinhalten Verzehrer und Nicht-Verzehrer der jeweiligen Getränkegruppe

P, Perzentile; En%, Prozent der Gesamtenergiezufuhr

^a signifikanter Unterschied (p<0,05) zw. erstem und letztem Protokoll nach Wilcoxon Rangsummentest für g/d und En%

^{b, c} signifikanter Geschlechtsunterschied (p<0.001, p<0.05) nach Wilcoxon Rangsummentest

¹ Individueller Mittelwert aller 3-Tage-Protokolle pro Proband in 5 Studienjahren

² Summe aus regulären Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften

³ Prozent der 3-Tage-Protokolle, in denen der Verzehr der jeweiligen Getränkegruppe angegeben wurde

⁴ kohlenstoffhaltige und nicht-kohlenstoffhaltige gesüßte Getränke

⁵ 100 % Fruchtsaft

⁶ Erfrischungsgetränke mit einem im Vergleich zu regulären Erfrischungsgetränken reduzierten Energiegehalt

Im 5-jährigen Untersuchungszeitraum stieg bei Jungen und Mädchen der Verzehr von energiehaltigen Getränken insgesamt und von Fruchtsäften signifikant an. Dagegen nahm der Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken nur bei Jungen zu und blieb bei Mädchen unverändert. Während sich der Verzehr aller Getränkegruppen im ersten Untersuchungsjahr zwischen Jungen und Mädchen nicht signifikant unterschied, tranken Jungen im letzten Untersuchungsjahr und auch über den gesamten Untersuchungszeitraum größere Mengen von energiehaltigen Getränken und regulären Erfrischungsgetränken. Unter Berücksichtigung der Gesamtenergiezufuhr wurde kein signifikanter Geschlechtsunterschied bezüglich des Verzehrs dieser beiden Getränkegruppen festgestellt. Der Verzehr von Fruchtsäften unterschied sich zwischen Jungen und Mädchen weder mengenmäßig noch in Bezug auf die Energiezufuhr.

3.5. Diskussion

Die Ergebnisse der Auswertung zeigen, dass energiehaltige Getränke bei Jungen und Mädchen in Deutschland in großen Mengen verzehrt wurden. Jungen tranken mengenmäßig mehr dieser Getränke als Mädchen, in Bezug auf die Gesamtenergiezufuhr war der Verzehr allerdings ähnlich. Bemerkenswert ist, dass der Verzehr von Erfrischungsgetränken bei Mädchen im Gegensatz zu dem Verzehr bei Jungen mit steigendem Alter unverändert blieb, während der Verzehr von Fruchtsäften bei beiden Geschlechtern mengenmäßig zunahm. Energiereduzierte Erfrischungsgetränke spielen in der Ernährung der meisten Kinder und Jugendlichen eine untergeordnete Rolle. Allerdings stieg der durchschnittliche Verzehr dieser Getränke bei Mädchen mit zunehmendem Alter leicht an.

Die langfristigen Verzehrsmuster zeigen, dass Jungen im Alter von 9 bis 18 Jahren durchschnittlich etwa 600 g pro Tag oder 9,8 % der täglichen Gesamtenergie in Form von energiehaltigen Getränken verzehrten. Bei Mädchen lag der Verzehr bei etwa 440 g pro Tag beziehungsweise 9,3 %. Damit deckten die energiehaltigen Getränke bei Jungen und Mädchen bereits die Menge von 10 % der Gesamtenergie für so genannte geduldete Lebensmittel in der Optimalen Mischkost nahezu vollständig ab [1, 7].

Die Ergebnisse der DONALD Studie werden durch die kürzlich veröffentlichten Daten der EsKiMo-Studie bestätigt, in deren Rahmen in einer bundesweiten Querschnittsanalyse im Jahr 2006 das Ernährungsverhalten und auch der Getränkeverzehr bei insgesamt etwa 2400 Kindern und Jugendlichen im Alter von 6 bis 17 Jahren untersucht wurde [4]. Auch die Ergebnisse der EsKiMo-Studie weisen darauf hin, dass gerade Erfrischungsgetränke und Säfte bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland sehr gefragt sind. Bei Kindern zwischen 6 und 11 Jahren machten Erfrischungsgetränke und Säfte in der EsKiMo-Studie insgesamt im

Mittel 46 % der Gesamtgetränkeaufnahme aus. Bei Jugendlichen lag der Anteil bei insgesamt 44 % bei Jungen und 38 % bei Mädchen. Ähnlich wie in der DONALD Studie tranken männliche Jugendliche besonders viel Erfrischungsgetränke. Im Alter von 15 bis 17 Jahren tranken Jungen in der EsKiMo-Studie im Mittel etwa 360 ml Erfrischungsgetränke pro Tag, was etwa dem langfristigen Verzehr von Jungen in der DONALD Studie entspricht.

Die Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauchs in Deutschland weist auf eine zunehmende Beliebtheit von Erfrischungsgetränken hin. Nach Berechnung der Wirtschaftsvereinigung alkoholfreie Getränke (wafg) stieg der Pro-Kopf-Verbrauch von Erfrischungsgetränken im Jahr 2006 gegenüber dem Vorjahr um 3,6 % auf 117,1 l [8]. Davon waren 71 % Limonaden und etwa 2 % energiereduzierte Erfrischungsgetränke. Der in den letzten Jahren beobachtete Trend der steigenden Nachfrage nach Erfrischungsgetränken setzte sich damit weiter fort. Allerdings kann die Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauchs aufgrund der fehlenden altersspezifischen Stratifizierung nur als Hinweis auf die Entwicklung des durchschnittlichen Verzehrs von Erfrischungsgetränken bei Kindern und Jugendlichen verstanden werden. In der DONALD Studie wurde zwischen 1986 und 1999 ein signifikanter Anstieg des Verzehrs von Fruchtsäften bei 9- bis 13-jährigen Probanden festgestellt [5]. Bei Erfrischungsgetränken wurde in dieser Altersklasse kein signifikanter Zeittrend beobachtet.

Bei Kindern und Jugendlichen in den USA wurde dagegen ein Zeittrend beim Verzehr von Erfrischungsgetränken festgestellt. Zwischen 1977 und 1998 verdoppelte sich der durchschnittliche Verzehr dieser Getränke von etwa 148 ml auf 355 ml pro Tag bei Kindern und Jugendlichen im Alter zwischen 6 und 17 Jahren [3]. Zwischen 1977 und 2001 stieg der durchschnittliche Anteil der Erfrischungsgetränke an der Gesamtenergiezufuhr von Kindern und Jugendlichen im Alter von 2 bis 18 Jahren in den USA von 4,8 % auf 10,3 %, der Anteil von Fruchtsäften von 1,7 % auf 2,7 % [9]. Gleichzeitig stieg der Anteil der Verzehrer von Erfrischungsgetränken von 74,5 % auf 84,7 %. In der DONALD Studie wurde dagegen der Verzehr von Erfrischungsgetränken bei Jungen im Alter von 9 bis 18 Jahren in 80 % der Protokolle und bei Mädchen bei 72 % der Protokolle angegeben. Unter Berücksichtigung der nach unten hin größeren Altersspanne in den amerikanischen Daten kann vermutet werden, dass Kinder und Jugendliche in Deutschland durchschnittlich seltener Erfrischungsgetränke verzehren als in den USA.

Deutliche Unterschiede zeigen sich beim durchschnittlichen täglichen Verzehr von Erfrischungsgetränken, der in den USA bei männlichen Jugendlichen um etwa 350 ml und bei weiblichen Jugendlichen um etwa 200 ml höher war als in der vorliegenden Auswertung der DONALD Studie [10]. Dagegen tranken in der DONALD Studie Jungen etwa 130 ml und

Mädchen etwa 100 ml mehr Fruchtsäfte als in den USA. Der durchschnittliche tägliche Verzehr von energiereichen Getränken insgesamt war damit bei Jungen etwa 230 ml und bei Mädchen etwa 120 ml geringer als in den USA. Auch in Bezug auf den Anteil der energiereichen Getränke an der Gesamtenergiezufuhr war der Verzehr bei 2- bis 18-jährigen Kindern und Jugendlichen in den USA mit durchschnittlich 13 % höher als in der DONALD Studie [9].

3.6. Schlussfolgerung

Erfrischungsgetränke und Fruchtsäfte sind bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland sehr beliebt. Insgesamt machen energiereiche Getränke etwa 10 % der Gesamtenergiezufuhr aus und decken damit die Höchstmenge geduldeter Lebensmittel im Präventionskonzept für Kinder und Jugendliche ab. Die hohen Verzehrsmengen US-amerikanischer Kinder und Jugendliche werden allerdings insgesamt nicht erreicht.

Literatur

- [1] Kersting M, Alexy U, Clausen K (2005): Using the concept of Food Based Dietary Guidelines to Develop an Optimized Mixed Diet (OMD) for German children and adolescents. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*; **40**(3): 301-308.
- [2] Forschungsinstitut für Kinderernährung: Empfehlungen für die Ernährung von Kindern und Jugendlichen. 2. überarbeitete Auflage. 2008, Dortmund.
- [3] French SA, Lin BH, Guthrie JF (2003): National trends in soft drink consumption among children and adolescents age 6 to 17 years: prevalence, amounts, and sources, 1977/1978 to 1994/1998. *J Am Diet Assoc*; **103**(10): 1326-1331.
- [4] Mensink G.B.M., Hesecker H., Richter A., Stahl A., C. V (2007), Robert Koch-Institut, Universität Paderborn: Forschungsbericht Ernährungsstudie als KiGGS-Modul (EsKiMo). [In German]. <http://www.bmelv.de/SharedDocs/downloads/03-Ernaehrung/EsKiMoStudie.html>. Zugriff am: 07.04.08.
- [5] Sichert-Hellert W, Kersting M, Manz F (2001): Fifteen year trends in water intake in German children and adolescents: results of the DONALD Study. Dortmund Nutritional and Anthropometric Longitudinally Designed Study. *Acta Paediatr*; **90**(7): 732-737.
- [6] Kromeyer-Hauschild K WM, Kunze D, Geller F, Geiss HC, Hesse V, von Hippel A, Jaeger U, Johnsen D, Korte W, Menner K, Mueller G, Mueller JM, Niemann-Pilatus A, Remer T, Schaefer F, Wittchen H-U, Zabransky S, Zellner K, Ziegler A, Hebebrand J. (2001): [Percentiles of body mass index in children and adolescents evaluated from different regional German studies] In German. *Monatsschrift Kinderheilkd*; **149**: 807-818.
- [7] Alexy U, Clausen K, Kersting M (2008): Die Ernährung gesunder Kinder und Jugendlicher nach dem Konzept der Optimierten Mischkost. *Ernährungs-Umschau*; **3/08**: 168-177.
- [8] Wirtschaftsvereinigung Alkoholfreie Getränke (2006), Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauchs von Alkoholfreien Getränken nach Getränkearten 2002-2006. <http://www.wafg-online.de/pdf/branche/prokopf.pdf>. Zugriff am: 15.05.2008.
- [9] Nielsen SJ, Popkin BM (2004): Changes in beverage intake between 1977 and 2001. *Am J Prev Med*; **27**(3): 205-210.
- [10] U.S. Department of Agriculture ARS (1999), Food Surveys Research Group: Food and Nutrient Intakes by Children 1994-96, 1998. online. www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12355000/pdf/scs_all.pdf. Zugriff am: 09.08.2008.

4. Kompensation der Energiezufuhr aus Getränken *

Zusammenfassung

Hintergrund: Kinder und Jugendliche nehmen große Mengen an Energie über Erfrischungsgetränke und Fruchtsäfte auf. Ergebnisse aus experimentellen Studien weisen darauf hin, dass die Energiezufuhr über Getränke nur unzureichend durch eine Reduktion der Energiezufuhr aus anderen Lebensmitteln kompensiert wird. Somit könnte der Verzehr energiereicher Getränke zu einem Ungleichgewicht in der Energiebilanz beitragen.

Zielsetzung: Anhand der Daten der 3-Tage-Wiege-Ernährungsprotokolle der DONALD Studie sollte bei 9- bis 18-jährigen Probanden (n=244) im natürlichen Umfeld das Ausmaß der Energiekompensation nach dem Verzehr energiereicher Getränke untersucht werden.

Methoden: In Querschnittsanalysen wurde für jedes Protokolljahr getrennt für Jungen und Mädchen die Korrelation zwischen der Energiezufuhr aus Getränken und der Energiezufuhr über die restlichen Lebensmittel ermittelt. Aus diesen Einzelkoeffizienten wurde der durchschnittliche Korrelationskoeffizient berechnet. Zusätzlich wurde im Längsschnitt anhand eines gemischten linearen Modells (PROC Mixed) getrennt für Jungen und Mädchen der Zusammenhang zwischen der individuellen Veränderung der Energiezufuhr aus Getränken und der gleichzeitigen individuellen Veränderung der Energiezufuhr aus den restlichen Lebensmitteln berechnet.

Ergebnisse: Die Querschnittsanalysen ergaben bei Jungen einen durchschnittlichen Korrelationskoeffizienten von +0,06 zwischen der Energiezufuhr aus Getränken und der restlichen Energiezufuhr und bei Mädchen von -0,11. Insgesamt korrelierten die beiden Faktoren bei beiden Geschlechtern nur schwach miteinander. In der Längsschnittanalyse wurde bei Jungen bei einer Steigerung der Energiezufuhr aus Getränken um 1 MJ eine gleichzeitige Abnahme der restlichen Energiezufuhr um 0,28 MJ ($p=0,007$) festgestellt, bei Mädchen eine Abnahme um 0,27 MJ ($p=0,016$).

Schlussfolgerung: Die Energiezufuhr über Getränke wird bei Kindern und Jugendlichen nur unzureichend durch eine Reduktion der restlichen Energiezufuhr kompensiert und führt daher zu einer Steigerung der Gesamtenergiezufuhr. Somit könnte der Verzehr energiereicher Getränke zu einem Ungleichgewicht in der Energiebilanz führen.

* Libuda L., Alexy U., Sichert-Hellert W., Stehle P., Karaolis-Danckert N., Buyken A.E., Kersting M.: Pattern of beverage consumption and long-term association with body-weight status in German adolescents – results from the DONALD study; Br J Nutr 2008, **99**: 1370-1379

4.1. Einleitung

Erfrischungsgetränke und Fruchtsäfte enthalten große Mengen an Energie in Form von schnell resorbierbaren Kohlenhydraten. Beispielsweise enthalten 100 ml Apfelsaft 11 g Kohlenhydrate und insgesamt 195 kJ. Im Vergleich dazu liegt der Energiegehalt eines gängigen Colagetränkes mit 177 kJ pro 100 ml etwas niedriger. Die Auswertung der Verzehrsmengen (Kapitel 3) hat gezeigt, dass Kinder und Jugendliche in der DONALD Studie durchschnittlich etwa 10 % der täglichen Gesamtenergie in Form von energiereichen Getränken aufnehmen. Besonders bei Getränken mit hohem Anteil schnell resorbierbarer Kohlenhydrate wird der Verzehr großer Mengen kritisch bewertet, da Ergebnisse aus experimentellen Studien vermuten lassen, dass die Energiezufuhr über diese Getränke nur unzureichend durch eine Reduktion der Energiezufuhr aus festen Lebensmitteln kompensiert wird [1-3]. Erklärt wird die unzureichende Energiekompensation durch eine vermutete geringere Sättigungswirkung von Flüssigkeiten im Vergleich zu Lebensmitteln in fester Form, die auf einer kürzeren Verweildauer von Flüssigkeiten im Gastrointestinaltrakt beruhen soll [4]. Durch die unzureichende Energiekompensation würde der Verzehr von energiereichen Getränken zu einer Steigerung der Gesamtenergiezufuhr führen [2], die wiederum zu einem Ungleichgewicht in der Energiebilanz und damit längerfristig zur Steigerung des Körpergewichts beitragen könnte. Tatsächlich wurde in epidemiologischen Studien sowohl in Querschnittsanalysen [5-7] als auch in longitudinalen Studien [8, 9] bei Kindern und Jugendlichen eine positive Assoziation zwischen dem Verzehr energiereicher Getränke und der Gesamtenergiezufuhr beobachtet. Das Ausmaß der Kompensation der Energie aus Getränken wurde allerdings in erster Linie in experimentellen Studien mit kurzen Beobachtungszeiträumen unter kontrollierten Umweltbedingungen und häufig mit erwachsenen Probanden durchgeführt.

4.2. Zielsetzung der Auswertung

Anhand der Daten der DONALD Studie sollte daher untersucht werden, in welchem Maß Kinder und Jugendliche in Deutschland im natürlichen Umfeld die Energiezufuhr über Erfrischungsgetränke und Fruchtsäfte langfristig durch eine Reduktion der Energiezufuhr aus anderen Lebensmitteln kompensieren.

4.3. Methoden

4.3.1. Ernährungsdaten

Die Auswertung wurde auf Grundlage der Ernährungsdaten des Kollektivs der DONALD Studie durchgeführt, das auch zur Ermittlung des langfristigen Verzehrs von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften herangezogen wurde (Kapitel 3). Berücksichtigt wurden damit insgesamt 1316 3-Tage-Wiege-Ernährungsprotokolle von insgesamt 244 Probanden im Alter von 9 bis 18 Jahren. Bei jedem Probanden wurden die Daten aus 5 Studienjahren ausgewertet. Auf Grundlage der 3-Tage-Protokolle wurde für jeden Probanden in jedem Protokolljahr die durchschnittliche tägliche Energiezufuhr über energiehaltige Getränke in MJ berechnet. Energiehaltige Getränke wurden als Summe aus Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften definiert. Des Weiteren wurde anhand der 3-Tage-Wiege-Ernährungsprotokolle pro Proband und Protokolljahr die durchschnittliche tägliche Energiezufuhr aus den restlichen verzehrten Lebensmitteln in MJ berechnet.

4.3.2. Statistische Analyse

Das Ausmaß der Kompensation der Energiezufuhr über energiehaltige Getränke wurde mit zwei Methoden getestet. Zu einem wurde in Querschnittsanalysen für jedes Protokolljahr über alle Probanden die Korrelation zwischen der Energiezufuhr aus Getränken und der Energiezufuhr über die restlichen Lebensmittel berechnet. Aufgrund der festgestellten geschlechtsspezifischen Unterschiede in den Verzehrsgewohnheiten bei energiehaltigen Getränken wurde die Auswertung getrennt für Jungen und Mädchen durchgeführt. Da in dem 5-jährigen Beobachtungszeitraum jeder Proband maximal 6 3-Tage-Ernährungsprotokolle angefertigt haben konnte, ergaben sich dementsprechend insgesamt 6 Korrelationskoeffizienten. Aus diesen Einzelkoeffizienten wurde getrennt für Jungen und Mädchen der durchschnittliche Korrelationskoeffizient als arithmetisches Mittel berechnet. Auf Grundlage der Daten aller Probanden wäre im Falle eines negativen Korrelationskoeffizienten die Energiezufuhr aus Getränken negativ mit der restlichen Energiezufuhr assoziiert. Somit könnte bei einem negativen Korrelationskoeffizienten auf eine Energiekompensation geschlossen werden.

Zusätzlich wurde anhand eines gemischten linearen Modells (PROC MIXED) im Längsschnitt getrennt für Jungen und Mädchen der Zusammenhang zwischen der individuellen Veränderung der Energiezufuhr aus Getränken und der gleichzeitigen individuellen Veränderung der Energiezufuhr aus den restlichen Lebensmitteln berechnet. Dazu wurde für jeden Probanden zu jedem Zeitpunkt die Veränderung des Verzehrs von

energiehaltigen Getränken als Differenz aus dem aktuellen Verzehr und dem Verzehr beim ersten 3-Tage-Protokoll berechnet. Die Veränderung des Verzehrs von energiehaltigen Getränken wurde als unabhängige Variable in das gemischte lineare Modell aufgenommen. Als Covariablen wurden die Zeit in Jahren seit dem jeweils ersten 3-Tage-Protokoll sowie das aktuelle Alter der Probanden berücksichtigt. Zusätzlich wurde das Modell für den Verzehr energiehaltiger Getränke im jeweils ersten 3-Tage-Protokoll sowie für die Interaktion des Ausgangsverzehrs mit der Zeit adjustiert. Der in diesem Modell ermittelte Schätzer gibt die Veränderung der restlichen Energiezufuhr in MJ bei gleichzeitiger Steigerung des Verzehrs energiehaltiger Getränke um 1 MJ an. Im gemischten linearen Modell wurde eine exponentielle Varianzstruktur bezüglich der intrapersonellen Korrelation angenommen. Damit wird eine stärkere Korrelation von aufeinanderfolgenden Untersuchungen vermutet als bei Untersuchungen mit größeren Zeitabständen.

4.4. Ergebnisse

In Tabelle 4.1 sind die Korrelationskoeffizienten für die Energiezufuhr über energiehaltige Getränke und die Energiezufuhr über die restlichen verzehrten Lebensmittel dargestellt. Während die Korrelationskoeffizienten bei den Mädchen zu jedem Zeitpunkt negativ waren, wurde bei den Jungen keine einheitliche Korrelation beobachtet. Insgesamt korrelierten die beiden Faktoren bei beiden Geschlechtern nur schwach miteinander. Das arithmetische Mittel der einzelnen Koeffizienten betrug insgesamt bei Jungen +0,06 und bei Mädchen -0,11. Damit wurde in den Querschnittsanalysen insgesamt keine Korrelation zwischen der Energiezufuhr in Form von Getränken und der Energiezufuhr über die restlichen verzehrten Lebensmittel festgestellt.

Tabelle 4.1. Querschnittsanalyse der Korrelation zwischen der Energiezufuhr über Getränken und der Energiezufuhr über die restlichen verzehrten Lebensmittel

		Zeit in Jahren seit erstem 3-Tage-Protokoll					
		0	1	2	3	4	5
Jungen	r	0,083	0,095	0,381	-0,071	<0,001	-0,139
	p	0,371	0,325	<0,0001	0,471	>0,999	0,147
Mädchen	r	<0,001	-0,130	-0,146	-0,138	-0,195	-0,025
	p	0,999	0,189	0,145	0,173	0,060	0,793

Die Ergebnisse des gemischten linearen Modells zeigen den longitudinalen Zusammenhang zwischen der Veränderung der Energiezufuhr aus Getränken und der gleichzeitigen Veränderung der restlichen Energiezufuhr. Ergebnis war bei einer Steigerung der Energiezufuhr aus Getränken um 1 MJ bei Jungen eine gleichzeitige Abnahme der restlichen Energiezufuhr um 0,28 MJ ($p=0,007$), bei Mädchen eine Abnahme der restlichen Energiezufuhr um 0,27 MJ ($p=0,016$).

4.5. Diskussion

Diese Auswertung zeigte eine unzureichende Kompensation der Energie aus Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften durch eine Reduktion der restlichen Energiezufuhr bei 9- bis 18-jährigen Kindern und Jugendlichen aus der DONALD Studie. Zwar kam es bei einem Anstieg der Energiezufuhr über Erfrischungsgetränke und Fruchtsäfte um 1 MJ zu einem signifikanten Rückgang der restlichen Energiezufuhr um 0,28 MJ bei Jungen und 0,27 MJ bei Mädchen, bei einer vollständigen Kompensation wäre allerdings ein Rückgang der restlichen Energiezufuhr von 1 MJ pro MJ energiehaltiger Getränke zu erwarten gewesen. Aufgrund der unzureichenden Energiekompensation stieg somit die Gesamtenergiezufuhr infolge des Verzehrs von energiehaltigen Getränken. Die Ergebnisse der longitudinalen Analyse werden durch die Querschnittsanalysen bestätigt, in denen zu jedem Zeitpunkt im 5-jährigen Untersuchungszeitraum untersucht wurde, ob die Energiezufuhr aus Getränken mit der restlichen Energiezufuhr assoziiert war. Insgesamt zeigten die Querschnittsanalysen keine Korrelation zwischen den beiden Faktoren, das heißt Probanden mit einem hohem Verzehr energiehaltiger Getränke nahmen nicht weniger Energie aus den restlichen Lebensmitteln auf als solche mit niedrigem Verzehr energiehaltiger Getränke.

Die Ergebnisse der DONALD Studie bestätigen damit die Erkenntnisse aus experimentellen Untersuchungen zur Energiekompensation unter kontrollierten Umweltbedingungen. So untersuchten Mattes et al. an 16 Erwachsenen, wie sich der Verzehr einer definierten Menge eines Colagetränkes (1749 kJ) auf die Gesamtenergiezufuhr auswirkt. Dazu wurde die protokollierte Energiezufuhr am Testtag mit der Energiezufuhr am Kontrolltag ohne Verzehr des Colagetränkes verglichen. Am Testtag wurde ein signifikanter Anstieg der Gesamtenergiezufuhr um 1967 kJ beobachtet. Da die Steigerung der Gesamtenergiezufuhr größer war als der Energiegehalt, der aus dem Testgetränk stammt, stieg in dieser Untersuchung die restliche Energiezufuhr am Testtag sogar an. DiMeglio & Mattes verglichen bei 15 jungen, normalgewichtigen Erwachsenen den Grad der Energiekompensation einer kohlenhydrathaltigen Flüssigkeit mit der Energiekompensation nach einer kohlenhydrathaltigen festen Mahlzeit [2]. An den Versuchstagen mit der Testmahlzeit in fester Form

wurde eine geringere Gesamtenergiezufuhr im Vergleich zum Kontrolltag ohne Testmahlzeit festgestellt. Verzehrten die Probanden die gleiche Kohlenhydratmenge in flüssiger Form, stieg die Gesamtenergiezufuhr insgesamt an. Auch in dieser Studie wurde nach dem Verzehr der energiereichen Getränke eine höhere Energiemenge aus anderen Lebensmitteln verzehrt. Die Ergebnisse dieser und weiterer Studien [10, 11] weisen insgesamt auf eine fehlende beziehungsweise eine unzureichende Energiekompensation nach dem Verzehr von energiereicher Getränken hin.

Allerdings ist die Datenlage nicht eindeutig. Der Vergleich der Ergebnisse von experimentellen Studien zur Energiekompensation nach dem Verzehr von energiereichen Getränken ergab starke Unterschiede des Grades der beobachteten Energiekompensation [3]. Auch der Mechanismus, der zu einer geringeren Kompensation der Energie aus Getränken im Vergleich zu festen Lebensmitteln führen könnte, ist bislang nicht eindeutig geklärt. Vermutet wird eine geringere Sättigungswirkung, die möglicherweise auf einer geringeren Verweildauer von Flüssigkeiten im Gastrointestinaltrakt beruht [3, 4]. Allerdings ist auch die geringere Sättigungswirkung von Flüssigkeiten umstritten. Almiron-Roig et al. verglichen bei insgesamt 32 erwachsenen Probanden die Sättigungswirkung eines Colagetränkes mit der von Keksen, die beide jeweils zu einem definierten Zeitpunkt vor einer Testmahlzeit verzehrt wurden. Jeder Proband verzehrte an unterschiedlichen Untersuchungstagen entweder 710 ml des Colagetränkes oder eine isokalorische Menge an Keksen (87g). Das Ausmaß der Sättigung wurde anhand eines Fragebogens erfasst. Zusätzlich wurde die Energiezufuhr bei der nachfolgenden Testmahlzeit festgestellt. Weder bezüglich der Sättigungswirkung noch bei der Energiezufuhr bei der nachfolgenden Mahlzeit wurde zwischen dem Colagetränk und den Keksen ein Unterschied beobachtet.

Die unterschiedlichen Studienergebnisse zur Kompensation der Energiezufuhr über Getränke deuten darauf hin, dass möglicherweise äußere Faktoren das Ausmaß der Energiekompensation beeinflussen könnten. Es wird vermutet, dass der Zeitpunkt, an dem ein energiereiches Getränk verzehrt wird, einen Einfluss auf das Ausmaß der Energiekompensation haben könnte [2, 12]. Eine unzureichende Kompensation scheint besonders dann aufzutreten, wenn energiereiche Getränke zwischen den Mahlzeiten verzehrt werden. Werden sie zu der Mahlzeit oder kurz davor getrunken, wird eine genauere Kompensation beobachtet. Auch der Kohlensäuregehalt von Getränken könnte zumindest kurzfristig Wirkung auf die Sättigung und die Nahrungsaufnahme haben. Morrhead et al. beobachteten in einer experimentellen Studie bei 30 erwachsenen Probanden, die Erfrischungsgetränke mit unterschiedlichem Kohlensäuregehalt verzehrten, dass das Sättigungsgefühl nach dem

Getränkeverzehr positiv mit dem Kohlensäuregehalt des Getränkes assoziiert war und die Nahrungsaufnahme bei der unmittelbar nachfolgenden Mahlzeit signifikant negativ [13]. Allerdings wurde im weiteren Tagesverlauf keine signifikante Assoziation zwischen dem Kohlensäuregehalt des Testgetränkes und dem Sättigungsgefühl beziehungsweise der Nahrungsaufnahme festgestellt. Ein weiterer möglicher Einflussfaktor könnte das Alter sein. So scheinen junge Kinder die Energiezufuhr über Getränke genauer zu kompensieren als ältere [14]. In einer Studie bei 2- bis 5-jährigen Kindern wurde sogar eine vollständige Energiekompensation beobachtet [15].

Bachman et al. schlussfolgern aus den bisher durchgeführten Studien, dass es einen starken Hinweis für eine unzureichende Energiekompensation bei Getränken gibt, die Datenlage insgesamt aber noch keine eindeutige Evidenz für eine schlechtere Kompensation der Energie aus Getränken im Vergleich mit der Energie aus festen Lebensmitteln liefert [12]. Vartanian et al. schätzen die Evidenz für eine unzureichende Kompensation der Energie aus Erfrischungsgetränken dagegen als eindeutig ein [16].

4.6. Schlussfolgerung

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der DONALD Studie und der Erkenntnisse aus experimentellen Studien scheint es wahrscheinlich, dass der Verzehr von energiereichen Getränken zu einer Steigerung der Gesamtenergiezufuhr führt. Es existieren Hinweise, dass sich das Ausmaß der Energiekompensation durch eine Reduktion der restlichen Energiezufuhr im Laufe der Kindheit verringert. Damit könnte der Verzehr energiereicher Getränke wie Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften besonders bei älteren Kindern und Jugendlichen zu einem Ungleichgewicht in der Energiebilanz und längerfristig zu einer Steigerung des Körpergewichts beitragen.

Literatur

- [1] Bertenshaw EJ, Lluch A, Yeomans MR (2008): Satiating effects of protein but not carbohydrate consumed in a between-meal beverage context. *Physiol Behav*; **93**(3): 427-436.
- [2] DiMeglio DP, Mattes RD (2000): Liquid versus solid carbohydrate: effects on food intake and body weight. *Int J Obes Relat Metab Disord*; **24**(6): 794-800.
- [3] Mattes RD (1996): Dietary compensation by humans for supplemental energy provided as ethanol or carbohydrate in fluids. *Physiol Behav*; **59**(1): 179-187.
- [4] Mattes R (2006): Fluid calories and energy balance: the good, the bad, and the uncertain. *Physiol Behav*; **89**(1): 66-70.
- [5] Rodriguez-Artalejo F, Garcia EL, Gorgojo L, Garces C, Royo MA, Martin Moreno JM, Benavente M, Macias A, De Oya M (2003): Consumption of bakery products, sweetened soft drinks and yogurt among children aged 6-7 years: association with nutrient intake and overall diet quality. *Br J Nutr*; **89**(3): 419-429.
- [6] Rajeshwari R, Yang SJ, Nicklas TA, Berenson GS (2005): Secular trends in children's sweetened-beverage consumption (1973 to 1994): the Bogalusa Heart Study. *J Am Diet Assoc*; **105**(2): 208-214.
- [7] Harnack L, Stang J, Story M (1999): Soft drink consumption among US children and adolescents: nutritional consequences. *J Am Diet Assoc*; **99**(4): 436-441.
- [8] Striegel-Moore RH, Thompson D, Affenito SG, Franko DL, Obarzanek E, Barton BA, Schreiber GB, Daniels SR, Schmidt M, Crawford PB (2006): Correlates of beverage intake in adolescent girls: the National Heart, Lung, and Blood Institute Growth and Health Study. *J Pediatr*; **148**(2): 183-187.
- [9] Mrdjenovic G, Levitsky DA (2003): Nutritional and energetic consequences of sweetened drink consumption in 6- to 13-year-old children. *J Pediatr*; **142**(6): 604-610.
- [10] Tordoff MG, Alleva AM (1990): Effect of drinking soda sweetened with aspartame or high-fructose corn syrup on food intake and body weight. *Am J Clin Nutr*; **51**(6): 963-969.
- [11] Van Wymelbeke V, Beridot-Therond ME, de La Gueronniere V, Fantino M (2004): Influence of repeated consumption of beverages containing sucrose or intense sweeteners on food intake. *Eur J Clin Nutr*; **58**(1): 154-161.
- [12] Bachman CM, Baranowski T, Nicklas TA (2006): Is there an association between sweetened beverages and adiposity? *Nutr Rev*; **64**(4): 153-174.
- [13] Moorhead SA, Livingstone MB, Dunne A, Welch RW (2008): The level of carbonation of a sugar-sweetened beverage preload affects satiety and short-term energy and food intakes. *Br J Nutr*; **99**(6): 1362-1369.
- [14] Cecil JE, Palmer CN, Wrieden W, Murrie I, Bolton-Smith C, Watt P, Wallis DJ, Hetherington MM (2005): Energy intakes of children after preloads: adjustment, not compensation. *Am J Clin Nutr*; **82**(2): 302-308.
- [15] Birch LL, McPhee L, Sullivan S (1989): Children's food intake following drinks sweetened with sucrose or aspartame: time course effects. *Physiol Behav*; **45**(2): 387-395.
- [16] Vartanian LR, Schwartz MB, Brownell KD (2007): Effects of soft drink consumption on nutrition and health: a systematic review and meta-analysis. *Am J Public Health*; **97**(4): 667-675.

5. Assoziation zwischen dem Verzehr von energiereichen Getränken und dem Körpergewichtsstatus*

Zusammenfassung

Hintergrund: Amerikanische Studien haben gezeigt, dass der Verzehr von Erfrischungsgetränken zu einer Steigerung des Körpergewichts bei Kindern und Jugendlichen führen kann. Allerdings können diese Studienergebnisse nicht ohne weiteres auf Kinder und Jugendliche in Deutschland übertragen werden.

Zielsetzung: Anhand von 3-Tage-Wiegeernährungsprotokollen und anthropometrischen Untersuchungen von 9- bis 18-jährigen Probanden der DONALD Studie sollte überprüft werden, ob über einen individuellen Untersuchungszeitraum von 5 Jahren eine Assoziation zwischen dem Verzehr von verschiedenen Getränken und dem Körpergewichtsstatus auch bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland zu beobachten ist.

Methoden: Die Assoziation zwischen Getränkeverzehr und Körpergewichtsstatus wurde in einem gemischten linearen Modell mit dem BMI-SDS und dem Körperfettanteil als abhängigen Variablen getrennt für Jungen und Mädchen berechnet. In separaten Modellen wurden zum einen energiereiche Getränke insgesamt und zum anderen reguläre Erfrischungsgetränke und Fruchtsäfte als getrennte Variablen untersucht.

Ergebnisse: Bei Jungen war der Verzehr von energiereichen Getränken weder im Querschnitt noch longitudinal mit dem BMI-SDS oder dem Körperfettanteil assoziiert. Bei Mädchen war die Veränderung des Verzehrs energiereicher Getränke mit einer Veränderung des BMI-SDS im Untersuchungszeitraum assoziiert. Für jedes zusätzlich verzehrte MJ energiereicher Getränke stieg der BMI-SDS um 0,070 Einheiten ($p=0,01$). Auch eine Steigerung des Verzehrs von Fruchtsäften um 1 MJ war bei Mädchen mit einer Steigerung des BMI-SDS um 0,096 Einheiten assoziiert ($p=0,01$). Für die Veränderung des Erfrischungsgetränkeverzehrs wurde nur ein positiver Trend beobachtet ($p=0,08$).

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse der DONALD Studie zeigen, dass ein steigender Verzehr von energiereichen Getränken bei Mädchen zu einer Gewichtszunahme führt. Damit könnte der Verzehr von energiereichen Getränken zumindest bei Mädchen das Übergewichtsrisiko steigern.

* Libuda L., Alexy U., Sichert-Hellert W., Stehle P., Karaolis-Danckert N., Buyken A.E., Kersting M.: Pattern of beverage consumption and long-term association with body-weight status in German adolescents – results from the DONALD study; Br J Nutr 2008, **99**: 1370-1379

5.1. Einleitung

Die steigenden Raten von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen haben sich zu einer weltweiten Problematik entwickelt [1, 2]. In Deutschland sind nach Ergebnissen der KiGGS-Studie 2003-2006 bundesweit 15 % der Kinder und Jugendlichen im Alter zwischen 3 und 17 Jahren übergewichtig und mehr als 6 % adipös [3]. Im Vergleich zu den Referenzdaten [4], die zwischen 1985 und 1999 erhoben wurden, ist die Übergewichtsrate damit um 50 % gestiegen, die Rate adipöser Kinder hat sich sogar verdoppelt. Bereits bei adipösen Kindern und Jugendlichen werden inzwischen weitere Symptome des metabolischen Syndroms wie Diabetes mellitus Typ II, arteriosklerotische Veränderungen sowie Hypertonie diagnostiziert [5, 6]. Da übergewichtige Kinder häufig auch im Erwachsenenalter übergewichtig bleiben und sich die Langzeiterfolge verschiedener Therapieansätze bislang als unzureichend erwiesen haben, sollte die Entstehung von Übergewicht bereits im Kindesalter vermieden werden (Primärprävention) [7].

Zur Entwicklung einer geeigneten praxisorientierten Strategie zur Übergewichtsprävention ist die Erforschung der Ursachen der Übergewichtsentstehung unabdingbar. Dabei geriet der Verzehr von Softdrinks beziehungsweise Erfrischungsgetränken als ein möglicher Einflussfaktor in die Diskussion. Ein erster Hinweis auf einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und der Entwicklung des Körpergewichts ergab sich aus dem zeitlich parallelen Anstieg der durchschnittlichen Verzehrsmengen dieser Getränke und der Übergewichtsraten in den USA [8]. Zwischen 1977 und 2001 hat sich die Energieaufnahme in Form von Erfrischungsgetränken annähernd verdreifacht [9]. In den USA sind gesüßte Getränke die größte Quelle von zugesetzten Zuckern in der Ernährung [10, 11].

Als ein möglicher Wirkmechanismus, durch den Erfrischungsgetränke zu einer Steigerung des Körpergewichts beitragen könnten, wird die unzureichende Energiekompensation nach dem Verzehr energiereicher Getränke diskutiert [12-14] (Kapitel 4). Ein weiterer möglicher Faktor könnte der in amerikanischen Erfrischungsgetränken verwendete Zucker HFCS sein [15]. In einem Übersichtsartikel schlussfolgern Malik et al., dass der Verzehr von Getränken mit Zuckerzusatz mit einer Steigerung des Körpergewichts und Übergewicht assoziiert ist [16]. Aufgrund des vergleichbaren Energiegehaltes könnte dieser Zusammenhang möglicherweise auch auf Fruchtsäfte übertragbar sein.

Allerdings beruht die Schlussfolgerung von Malik et al. in erster Linie auf Studien, die in den USA durchgeführt wurden. Die bereits festgestellten Unterschiede in den Verzehrsmustern energiereicher Getränke zwischen Kinder und Jugendlichen in den USA und Deutschland (Kapitel 3) könnten die Übertragbarkeit der Ergebnisse aus den USA einschränken.

Außerdem wird Erfrischungsgetränken in Deutschland und anderen europäischen Ländern nicht HFCS, sondern Saccharose als Zucker zugesetzt [17].

5.2. Zielsetzung der Auswertung

Anhand der Daten der DONALD Studie sollte überprüft werden, ob eine Assoziation zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften und dem Körpergewichtsstatus auch bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland zu beobachten ist.

5.3. Methoden

5.3.1 Studienkollektiv und Getränkegruppen

Der Zusammenhang des Verzehrs von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften mit dem Körpergewichtsstatus wurde anhand der Daten des Kollektivs überprüft, das auch zur Ermittlung der langfristigen Verzehrmuster (Kapitel 3) und für die Überprüfung des Grades der Energiekompensation (Kapitel 4) herangezogen wurde. Somit wurden insgesamt 1316 3-Tage-Wiegeprotokolle von 244 Probanden aus jeweils 5 Studienjahren (4 bis 6 3-Tages-Protokolle pro Proband) ausgewertet. Auf Grundlage der Ernährungsprotokolle wurde pro Protokolljahr der durchschnittliche tägliche Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken, Fruchtsäften und energiehaltigen Getränken (Summe aus regulären Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften) in MJ berechnet. Der Verzehr der Getränkegruppen wurde als Energiemenge berechnet, da auf diese Weise im Gegensatz zur Angabe absoluter Mengen in Gramm zusätzlich Unterschiede in der Energiedichte innerhalb der Getränkegruppen beachtet werden. Somit wurden auch mögliche Unterschiede in der Wirkung auf den Körpergewichtsstatus innerhalb einer Getränkegruppe berücksichtigt. Die Assoziation zwischen energiereduzierten Erfrischungsgetränken und dem Körpergewichtsstatus wurde aufgrund der geringen Zahl der Konsumenten dieser Getränkegruppe (33 Jungen und 45 Mädchen im gesamten Untersuchungszeitraum) nicht untersucht.

5.3.2. Anthropometrische Daten

Als Indikatoren für den Körpergewichtsstatus wurde zu jeder Untersuchung (4 bis 6 pro Proband) der alters- und geschlechtsunabhängige BMI-SDS und anhand der Hautfettfalten der Körperfettgehalt der Probanden ermittelt. Daneben wurde das Wachstum zwischen zwei Untersuchungen berechnet und der Zeitpunkt der maximalen Wachstumsgeschwindigkeit ermittelt. Die Daten des Geburtsgewichtes wurden jeweils dem Mutterpass entnommen. Im Rahmen der Untersuchungen der Probanden der DONALD Studie werden regelmäßig auch

das Körpergewicht und die Größe der Eltern sowie soziale Indikatoren erfasst. Auf Grundlage dieser Daten wurde der mütterliche BMI und der mütterliche Bildungsgrad ermittelt.

5.3.3. Statistische Analyse

Anhand eines gemischten linearen Modells (PROC MIXED) wurde der Zusammenhang zwischen dem Verzehr der jeweiligen Getränkegruppe bei der ersten Untersuchung (=Ausgangs-Getränkeverzehr) und dem Körpergewichtsstatus bei der ersten Untersuchung, der Zusammenhang zwischen dem Ausgangs-Getränkeverzehr und der Veränderung des Körpergewichtsstatus im 5-jährigen Untersuchungszeitraum sowie der Zusammenhang zwischen der Veränderung des Getränkeverzehrs und der gleichzeitigen Veränderung des Körpergewichtsstatus untersucht. In zwei separaten Modellen wurden zum einen energiehaltige Getränke insgesamt und zum anderen reguläre Erfrischungsgetränke und Fruchtsäfte als getrennte Variablen untersucht, um mögliche gegenseitige Wechselwirkungen ausschließen zu können. Als Parameter für den Körpergewichtsstatus wurden in separaten Modellen der BMI-SDS und der Körperfettanteil als abhängige Variablen berücksichtigt. Aufgrund von signifikanten Geschlechtsinteraktionen wurden getrennte Auswertungen für Jungen und Mädchen durchgeführt. Bezüglich der intrapersonellen Korrelation der Verzehrsdaten aufgrund der Wiederholungsmessungen wurde eine exponentielle Struktur angenommen. Hierbei wird bei aufeinanderfolgenden Untersuchungen eine stärkere Korrelation vermutet als bei Untersuchungen mit einer größeren zeitlichen Distanz.

Für die Auswertung der Assoziation mit dem BMI-SDS enthielt das Kernmodell die Zeit in Jahren (jeweils definiert als 0 für die erste individuelle Untersuchung), das Alter in Jahren, den Ausgangs-Getränkeverzehr in MJ/Tag, die Interaktion des Ausgangs-Getränkeverzehrs mit der Zeit sowie die Veränderung des Getränkeverzehrs in MJ/Tag, die als Differenz zwischen dem Verzehr im jeweiligen Untersuchungsjahr und dem Verzehr bei der ersten Untersuchung berechnet wurde, als unabhängige Variablen. In diesem Fall repräsentiert der Regressionskoeffizient des Ausgangs-Getränkeverzehrs den Anstieg des BMI-SDS bei der ersten Untersuchung in Abhängigkeit vom Getränkeverzehr bei der ersten Untersuchung. Der Regressionskoeffizient der Interaktion des Ausgangs-Getränkeverzehrs mit der Zeit zeigt die Steigung der Veränderung des BMI-SDS im 5-Jahres-Zeitraum in Abhängigkeit vom Getränkeverzehr bei der ersten Untersuchung an. Der Regressionskoeffizient der Veränderung des Getränkeverzehrs repräsentiert den linearen Zusammenhang zwischen der Veränderung des BMI-SDS und der gleichzeitigen Veränderung des Getränkeverzehrs.

Für die Auswertung der Assoziation mit dem Körperfettanteil wurde bei Mädchen aufgrund der beobachteten linearen Entwicklung des Körperfettgehaltes das gleiche Kernmodell wie für

den BMI-SDS verwendet. Das Kernmodell für den Körperfettanteil bei Jungen beinhaltete das Alter, Alter x Alter, Alter x Alter x Alter, die Zeit, den Ausgangs-Getränkeverzehr, die Interaktion des Ausgangs-Getränkeverzehrs mit der Zeit und die Veränderung des Getränkeverzehrs.

Alle Kernmodelle wurden für verschiedene mögliche Confounder kontrolliert. Folgende Variablen und ihre Interaktion mit der Zeit wurden berücksichtigt: die Zeit in Jahren nach der maximalen Wachstumsgeschwindigkeit als Indikator für den Pubertätsstatus, das Geburtsgewicht, das Geburtsjahr, der mütterliche BMI und der mütterliche Bildungsgrad. Insgesamt 9 der ursprünglich 244 Probanden wurden aufgrund fehlender Informationen bezüglich des mütterlichen Bildungsgrades, des mütterlichen BMI oder des Geburtsgewichtes von der Auswertung ausgeschlossen. Mögliche Confounder wurden nur dann in das finale Auswertungsmodell aufgenommen, wenn sie entweder selber einen signifikanten Einfluss auf die abhängige Variable hatten, den Effekt des Getränkeverzehrs auf die abhängige Variable signifikant modifizierten oder die Anpassung des Modells verbesserten. Als Kriterium für die Qualität der Modellanpassung wurde der AIC-Schätzer (Akaike's Information Criterion) zu Grunde gelegt.

Als weitere Ernährungsvariable wurde neben dem Verzehr der unterschiedlichen Getränkegruppen die restliche Energieaufnahme in MJ, die nicht aus energiehaltigen Getränken stammt, berücksichtigt. Analog zum Getränkeverzehr wurden die restliche Energieaufnahme bei der ersten Untersuchung, die Interaktion der restlichen Energieaufnahme bei der ersten Untersuchung mit der Zeit und die Veränderung der restlichen Energie als potentielle Co-Variablen berücksichtigt. Aufgrund unzureichender Informationen zur körperlichen Aktivität für einen Großteil der Probanden, konnte diese Variable nicht als potentieller Confounder berücksichtigt werden.

In allen gemischten linearen Modellen wurde eine exponentielle Varianzstruktur bezüglich der intrapersonellen Korrelation angenommen. Damit wird eine stärkere Korrelation von aufeinanderfolgenden Untersuchungen vermutet als bei Untersuchungen mit größeren Zeitabständen.

5.4. Ergebnisse

Die Ergebnisse der gemischten linearen Modelle mit dem BMI-SDS und dem Körperfettanteil als jeweiliger abhängiger Variablen und dem Verzehr energiehaltiger Getränke beziehungsweise dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften als unabhängigen Variablen sind in den Tabellen 5.1 bis 5.4 dargestellt.

Bei Jungen wurde im volladjustierten Modell kein Zusammenhang zwischen dem Ausgangsverzehr von energiehaltigen Getränken mit dem BMI-SDS oder dem Körperfettanteil bei der ersten Untersuchung beobachtet. Auch die Veränderung des BMI-SDS oder des Körperfettanteils im Untersuchungszeitraum war bei Jungen nicht signifikant mit dem Ausgangsverzehr von energiehaltigen Getränken assoziiert. Zudem wurde kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Veränderung des Verzehrs energiehaltiger Getränke und der gleichzeitigen Veränderung des BMI-SDS beziehungsweise des Körperfettanteils beobachtet. In den Modellen, die reguläre Erfrischungsgetränke und Fruchtsäfte als separate Variablen untersuchten, wurde nur zwischen dem Ausgangsverzehr von Fruchtsäften und dem BMI-SDS bei der ersten Untersuchung ein signifikanter Zusammenhang beobachtet. Die Veränderungen des BMI-SDS und des Körperfettanteils im Untersuchungszeitraum waren weder signifikant mit dem Ausgangsverzehr einer der beiden Getränkegruppen noch mit der Veränderung des Verzehrs assoziiert.

Bei Mädchen wurde kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Ausgangsverzehr von energiehaltigen Getränken und dem BMI-SDS beziehungsweise Körperfettanteil bei der ersten Untersuchung oder der Veränderung dieser beiden Variablen im Untersuchungszeitraum beobachtet. Allerdings wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Veränderung des Verzehrs energiehaltiger Getränke und der Veränderung des BMI-SDS im Untersuchungszeitraum festgestellt. Für jedes zusätzlich verzehrte MJ energiehaltiger Getränke im Untersuchungszeitraum stieg der BMI-SDS bei Mädchen um 0,070 Einheiten ($p=0,01$). Zwischen der Verzehrveränderung energiehaltiger Getränke und der Veränderung des Körperfettgehaltes wurde kein Zusammenhang beobachtet. Die getrennte Berücksichtigung von regulären Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften zeigte, dass eine Steigerung des Verzehrs von Fruchtsäften um 1 MJ im Untersuchungszeitraum mit einer Steigerung des BMI-SDS um 0,096 Einheiten verbunden war. Zusätzlich wurde bei der Veränderung des Verzehrs von Erfrischungsgetränken ein positiver Trend beobachtet (+0,055 Einheiten des BMI-SDS pro MJ Anstieg des Erfrischungsgetränke-Verzehrs, $p=0,08$). Zwischen der Veränderung des Verzehrs beider Getränke und der Veränderung des Körperfettanteils im Untersuchungszeitraum wurde kein signifikanter Zusammenhang beobachtet. Auch war die Veränderung des BMI-SDS beziehungsweise des Körperfettanteils nicht mit dem Ausgangsverzehr einer der beiden Getränkegruppen assoziiert.

Tabelle 5.1. Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Assoziation zwischen dem Verzehr von energiereichen Getränken¹ und dem Körpergewichtsstatus bei Jungen aus der DONALD Studie

	Jungen (n=119)						
	Ausgangsverzehr von EG in MJ		Ausgangsverzehr von EG in MJ x Zeit		Veränderung des Verzehrs von EG in MJ		AIC
	β	p	β	p	β	p	
BMI-SDS							
Modell 1 ²	0,306	0,034	0,029	0,212	0,002	0,905	669,1
Modell 2 ³	0,204	0,159	0,034	0,157	0,005	0,798	724,7
Körperfett [%]							
Modell 1 ⁴	1,086	0,358	-0,051	0,840	-0,008	0,975	3.720,0
Modell 2 ⁵	0,926	0,463	-0,063	0,817	-0,013	0,958	3.765,7

EG, energiereiche Getränke; MJ, Megajoule; AIC, Akaike's Information Criterion

¹ Energiehaltige Getränke: Summe aus regulären Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften

² Adjustiert für Zeit und Alter

³ Adjustiert für Zeit, Alter, Restenergie bei der ersten Untersuchung, Veränderung der Restenergie, Geburtsgewicht, Geburtsgewicht x Zeit, Zeit in Jahren seit maximalem Wachstum, Zeit in Jahren seit maximalem Wachstum x Zeit, mütterlicher BMI und mütterlicher BMI x Zeit

⁴ Adjustiert für Zeit, Alter, Alter x Alter und Alter x Alter x Alter

⁵ Adjustiert für Zeit, Alter, Alter x Alter, Alter x Alter x Alter, Restenergie bei der ersten Untersuchung, Restenergie bei der ersten Untersuchung x Zeit, Veränderung der Restenergie, Geburtsgewicht x Zeit, Geburtsjahr, Geburtsjahr x Zeit, Zeit in Jahren seit maximalem Wachstum, Zeit in Jahren seit maximalem Wachstum x Zeit, mütterlicher BMI, mütterlicher BMI x Zeit und mütterlicher Bildungsgrad x Zeit

Tabelle 5.2. Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Assoziation zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken¹ und Fruchtsäften² und dem Körpergewichtsstatus bei Jungen aus der DONALD Studie

Jungen (n=119)													
	Ausgangsverzehr von REG in MJ		Ausgangsverzehr von REG in MJ x Zeit		Veränderung des Verzehrs von REG in MJ		Ausgangsverzehr von FS in MJ		Ausgangsverzehr von FS in MJ x Zeit		Veränderung des Verzehrs von FS in MJ		AIC
	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	
BMI-SDS													
Modell 1 ³	0,203	0,237	0,027	0,325	0,007	0,764	0,453	0,022	0,032	0,318	-0,006	0,850	678,1
Modell 2 ⁴	0,046	0,793	0,037	0,211	0,009	0,707	0,407	0,039	0,033	0,310	-0,002	0,964	743,0
Körperfett [%]													
Modell 1 ⁵	0,226	0,872	-0,048	0,872	0,057	0,839	2,302	0,156	-0,048	0,891	-0,124	0,749	3.715,1
Modell 2 ⁶	-0,238	0,878	-0,033	0,920	0,046	0,870	2,112	0,219	-0,058	0,874	-0,121	0,756	3.756,1

REG, reguläre Erfrischungsgetränke; MJ, Megajoule; FS, Fruchtsäfte; AIC, Akaike's Information Criterion

¹ Reguläre Erfrischungsgetränke: kohlenstoffhaltige und nicht-kohlenstoffhaltige Getränke mit Zuckerzusatz wie Limonaden, Eistee, Fruchtsaftgetränke, Sportsgetränke und Energy Drinks

² Fruchtsäfte: 100 % Fruchtsaft

³ Adjustiert für Zeit und Alter

⁴ Adjustiert für Zeit, Alter, Restenergie bei der ersten Untersuchung, Veränderung der Restenergie, Geburtsgewicht, Geburtsgewicht x Zeit, Zeit in Jahren seit maximalem Wachstum, Zeit in Jahren seit maximalem Wachstum x Zeit, mütterlicher Bildungsgrad, mütterlicher Bildungsgrad x Zeit, mütterlicher BMI und mütterlicher BMI x Zeit

⁵ Adjustiert für Zeit, Alter, Alter x Alter und Alter x Alter x Alter

⁶ Adjustiert für Zeit, Alter, Alter x Alter und Alter x Alter x Alter, Restenergie bei der ersten Untersuchung, Restenergie bei der ersten Untersuchung x Zeit, Geburtsgewicht, Geburtsgewicht x Zeit, Zeit in Jahren seit maximalem Wachstum, Zeit in Jahren seit maximalem Wachstum x Zeit, Geburtsjahr, Geburtsjahr x Zeit, mütterlicher Bildungsgrad, mütterlicher Bildungsgrad x Zeit, mütterlicher BMI und mütterlicher BMI x Zeit

Tabelle 5.3. Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Assoziation zwischen dem Verzehr von energiereichen Getränken¹ und dem Körpergewichtsstatus bei Mädchen aus der DONALD Studie

	Mädchen (n=116)						
	Ausgangsverzehr von EG in MJ		Ausgangsverzehr von EG in MJ x Zeit		Veränderung des Verzehrs von EG in MJ		AIC
	β	p	β	p	β	p	
BMI-SDS							
Modell 1 ²	-0,127	0,495	-0,021	0,397	0,065	0,015	666,9
Modell 2 ³	-0,119	0,473	-0,018	0,463	0,070	0,010	703,8
Körperfett [%]							
Modell 1 ²	-2,198	0,091	-0,147	0,562	0,507	0,081	3.487,7
Modell 2 ⁴	-2,148	0,075	-0,118	0,636	0,538	0,064	3.470,2

EG, energiereiche Getränke; MJ, Megajoule; AIC, Akaike's Information Criterion

¹ Energiereiche Getränke: Summe aus regulären Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften;

² Adjustiert für Zeit und Alter

³ Adjustiert für Zeit, Alter, Restenergie bei der ersten Untersuchung, Veränderung der Restenergie, Geburtsgewicht, Geburtsgewicht x Zeit, Zeit in Jahren seit maximalem Wachstum, Zeit in Jahren seit maximalem Wachstum x Zeit, mütterlicher BMI und mütterlicher BMI x Zeit

⁴ Adjustiert für Zeit, Alter, Restenergie bei der ersten Untersuchung, Geburtsgewicht, Zeit in Jahren seit maximalem Wachstum und mütterlicher BMI

Tabelle 5.4. Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Assoziation zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken¹ und Fruchtsäften² und dem Körpergewichtsstatus bei Mädchen aus der DONALD Studie

Mädchen (n=116)													
	Ausgangsverzehr von REG in MJ		Ausgangsverzehr von REG in MJ x Zeit		Veränderung des Verzehrs von REG in MJ		Ausgangsverzehr von FS in MJ		Ausgangsverzehr von FS in MJ x Zeit		Veränderung des Verzehrs von FS		AIC
	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	
BMI-SDS													
Modell 1 ³	-0,292	0,206	0,004	0,904	0,051	0,101	0,070	0,777	-0,051	0,123	0,088	0,020	672,9
Modell 2 ⁴	-0,291	0,168	0,005	0,877	0,055	0,081	0,069	0,755	-0,046	0,161	0,096	0,013	719,2
Körperfett [%]													
Modell 1 ³	-3,1857	0,048	-0,065	0,834	0,441	0,192	-1,015	0,553	-0,244	0,465	0,619	0,135	3.483,2
Modell 2 ⁵	-2,937	0,050	0,0058	0,987	0,450	0,186	-1,182	0,457	-0,265	0,426	0,615	0,139	3.476,6

MJ, Megajoule; REG, reguläre Erfrischungsgetränke; FS, Fruchtsäfte; AIC, Akaike's Information Criterion

¹ Reguläre Erfrischungsgetränke: kohlenstoffhaltige und nicht-kohlenstoffhaltige Getränke mit Zuckerzusatz wie Limonaden, Eistee, Fruchtsaftgetränke, Sportsgetränke und Energy Drinks

² Fruchtsaft: 100 % Fruchtsäfte

³ Adjustiert für Zeit und Alter

⁴ Adjustiert für Zeit, Alter, restliche Energieaufnahme bei der ersten Untersuchung, Veränderung der restlichen Energieaufnahme, Geburtsgewicht, Geburtsgewicht x Zeit, Zeit in Jahren seit maximalem Wachstum, Zeit in Jahren seit maximalem Wachstum x Zeit, mütterlicher Bildungsgrad, mütterlicher Bildungsgrad x Zeit, mütterlicher BMI und mütterlicher BMI x Zeit

⁵ Adjustiert für Zeit, Alter, restliche Energieaufnahme bei der ersten Untersuchung, Veränderung der restlichen Energieaufnahme, Geburtsgewicht, Zeit in Jahren seit maximalem Wachstum, Zeit in Jahren seit maximalem Wachstum x Zeit, mütterlicher Bildungsgrad x Zeit, mütterlicher BMI und mütterlicher BMI x Zeit

5.5. Diskussion

Das Hauptergebnis dieser Auswertung war die positive Assoziation zwischen der Veränderung des Verzehrs energiehaltiger Getränke im 5-jährigen Untersuchungszeitraum und der gleichzeitigen Veränderung des BMI-SDS bei Mädchen. Dieser Zusammenhang resultierte in erster Linie auf dem Verzehr von Fruchtsäften und zu einem geringeren Maße auf dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken. Bei Jungen wurde nur eine positive Assoziation zwischen dem Ausgangs-Verzehr von Fruchtsäften und dem BMI-SDS bei der ersten Untersuchung festgestellt. Für reguläre Erfrischungsgetränke allein wurde dagegen weder bei Jungen noch bei Mädchen eine signifikante Assoziation mit dem Körpergewichtsstatus beobachtet, sondern nur ein positiver Trend zwischen der Veränderung des Verzehrs und der Veränderung des BMI-SDS bei Mädchen.

Der Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und dem Körpergewichtsstatus bei Kindern und Jugendlichen wurde in einer Vielzahl vorwiegend US-amerikanischer Studien untersucht. Dabei waren die Ergebnisse der Querschnittsstudien, welche die Mehrzahl der Studien auf diesem Gebiet repräsentieren, insgesamt nicht eindeutig. Von den insgesamt 11 Querschnittsstudien wurde nur in 5 eine positive Assoziation beobachtet [18-22], in den 6 übrigen Studien wurde dagegen kein signifikanter Zusammenhang beobachtet [23-28]. Allerdings wurde in 3 dieser 6 Studien ein positiver Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und der Gesamtenergiezufuhr beobachtet [26-28], was möglicherweise längerfristig zur Steigerung des Körpergewichts betragen könnte.

Die Ergebnisse der longitudinalen Kohortenstudien sind dagegen eindeutiger. Von den insgesamt 7 Studien, die bei Kindern und Jugendlichen durchgeführt wurde, beobachteten 5 einen positiven Zusammenhang zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und dem Körpergewichtsstatus [13, 29-32]. Bei den 2 Kohortenstudien, die keinen Zusammenhang nachweisen konnten, war bei einer die Studienpopulation klein (n=21) und der Beobachtungszeitraum von 4 bis 8 Wochen nur kurz [14], bei der zweiten war das Alter der Studienpopulation gering (2 bis 5 Jahre) [33]. In dieser Altersgruppe ist zum einen der Verzehr von Erfrischungsgetränken gewöhnlich eher gering, zum anderen wird vermutet, dass jüngere Kinder die Energieaufnahme über Getränke exakter durch eine entsprechende Reduktion der Energieaufnahme aus festen Lebensmittel kompensieren können als ältere Kinder und Jugendliche [34].

Des Weiteren wurden auf diesem Gebiet bislang zwei Interventionsstudien bei Kindern und Jugendlichen durchgeführt [35, 36]. Beide haben in der Interventionsgruppe nach Reduktion

des Verzehrs von Erfrischungsgetränken einen positiven Effekt auf den Körpergewichtsstatus im Vergleich zur Kontrollgruppe festgestellt.

Insgesamt weisen die Ergebnisse der verschiedenen Studien damit auf eine positive Assoziation zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und dem Körpergewichtsstatus hin.

Die vorliegende Auswertung kommt zu einem ähnlichen Ergebnis, wenn reguläre Erfrischungsgetränke mit Fruchtsäften in einer Getränkegruppe (energiehaltige Getränke) zusammengefasst werden. Tatsächlich wurde bei energiehaltigen Getränke eine positive Assoziation zwischen der Veränderung des Verzehrs und der Veränderung des BMI-SDS bei Mädchen beobachtet. Ähnliche Ergebnisse wurden auch in einer Studie von Gillis & Bar-Or festgestellt, in der für Soda alleine kein Zusammenhang mit dem Körpergewicht beobachtet wurde, wohl aber für eine kombinierte Getränkegruppen aus Soda und anderen gesüßten Getränken [18]. Ein weiterer Grund für den fehlenden signifikanten Zusammenhang bei Erfrischungsgetränken als Einzelvariable könnte auch der im Vergleich zu den USA geringere durchschnittliche Verzehr und die damit verbundene geringere Varianz im vorliegenden Kollektiv sein. Ein Indiz dafür ist möglicherweise der positive Trend, der zumindest bei Mädchen zwischen der Veränderung des Verzehrs von Erfrischungsgetränken und der Veränderung des BMI-SDS beobachtet wurde.

Eine longitudinale Assoziation zwischen dem Getränkeverzehr und dem Körpergewichtsstatus konnte in der vorliegenden Auswertung nur für Mädchen beobachtet werden. Dieses Resultat ist vergleichbar mit den Ergebnissen einer Studie von Tordoff & Alleva, die bei jungen Frauen bei gleichem Erfrischungsgetränkeverzehr eine stärkere Gewichtszunahme feststellten als bei Männern [37]. Novotny et al. beobachteten bei 323 Mädchen im Alter von 9 bis 14 Jahren, dass ein Anstieg des Verzehrs von Erfrischungsgetränken um 1 g mit einer Gewichtszunahme von 0,005 kg assoziiert war [21]. In beiden Studien war der durchschnittliche Erfrischungsgetränkeverzehr der weiblichen Probanden weit höher als im vorliegenden Kollektiv. Dabei sollte allerdings berücksichtigt werden, dass ein Underreporting von sozial unerwünschten, energiedichten Lebensmittelgruppen besonders bei übergewichtigen Mädchen aufzutreten scheint [38]. Trotz des Ausschlusses offensichtlich unplausibler Protokolle von der weiteren Auswertung könnte ein solches lebensmittel-spezifisches Underreporting zu einer Unterschätzung des Zusammenhanges zwischen dem Verzehr energiereicher Getränke und dem Körpergewichtsstatus geführt haben und damit möglicherweise auch den negativen Trend zwischen dem Ausgangsverzehr von

Erfrischungsgetränken und dem Körperfettanteil bei der ersten Untersuchung bei Mädchen erklären.

Bei Jungen könnte der im Vergleich zu den Mädchen stärkere pubertätsbedingte Anstieg des Energiebedarfs einen möglichen Effekt des Verzehrs von Erfrischungsgetränken und energiereichen Getränken auf den Körpergewichtsstatus verdeckt haben. Tatsächlich wurde bei Jungen nur eine Querschnittsassoziation zwischen dem Fruchtsaftverzehr und dem BMI-SDS bei der ersten Untersuchung beobachtet. Möglicherweise könnte die fehlende geschlechtsspezifische Auswertung in einigen Studien eine weitere Erklärung für die teilweise widersprüchlichen Studienergebnisse sein.

Diese Auswertung ergab weder für Jungen noch für Mädchen einen Zusammenhang zwischen dem Verzehr energiereicher Getränke und dem Körperfettanteil. Bislang wurde die Assoziation mit dem Körperfettanteil nur in 3 Querschnittsstudien [18, 19, 21] und einer Längsschnittstudie [30] untersucht. Nur in 2 Querschnittsstudien wurde ein Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Getränken mit Zuckerzusatz und dem mittels Bioelektrischer Impedanz-Analyse (BIA) festgestellten Körperfettanteil beobachtet [18, 19]. Ein möglicher Grund für die fehlende Assoziation in der vorliegenden Auswertung sowie in den beiden anderen genannten Studien könnten physiologische Unterschiede zwischen den Probanden aufgrund von Pubertätsveränderungen sein. Eine weitere Erklärung sind möglicherweise die fehlenden Daten zur körperlichen Aktivität. Eine starke körperliche Aktivität ist mit verstärkten Wasserverlusten in Form von Schweiß verbunden. Diese Wasserverluste sollten durch eine verstärkte Zufuhr von Getränken kompensiert werden. Damit könnte ein hohes Maß an körperlicher Aktivität und der damit einhergehende höhere Energieumsatz zu einem hohem Verzehr energiereicher Getränke führen. Des Weiteren könnte auch der Effekt der körperlichen Aktivität auf den Anteil an fettfreier Körpermasse den Zusammenhang zwischen dem Verzehr energiereicher Getränke und dem Körperfettanteil kaschieren. Somit sind möglicherweise geschlechtsspezifische Unterschiede in der körperlichen Aktivität auch dafür verantwortlich, dass nur bei Mädchen ein Zusammenhang mit dem BMI-SDS beobachtet wurde.

Bezüglich des quantitativen Effektes zeigte sich im 5-jährigen Untersuchungszeitraum bei Mädchen ein Anstieg von 0,070 Einheiten im BMI-SDS pro zusätzlich verzehrtem MJ energiereicher Getränke (ungefähr 600 ml eines Colagetränkes). Ludwig et al. stellten bei Jugendlichen innerhalb von 19 Monaten eine Erhöhung des BMI um 0,18 Einheiten pro zusätzlich verzehrter täglicher Portion von Getränken mit Zuckerzusatz zu Untersuchungsbeginn fest [13]. Obwohl eine klinische Studie zur Abschätzung der Größenordnung einer

Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen Getränkeverzehr und Körpergewichtsstatus geeigneter sein könnte als beobachtende epidemiologische Studien, kann anhand dieser Ergebnisse zumindest eine grobe Einordnung des quantitativen Effektes von energiehaltigen Getränken vorgenommen werden. Auf den ersten Blick erscheint der Effekt auf das Körpergewicht zwar eher gering zu sein, allerdings ist die Größenordnung für eine einzelne Lebensmittelgruppe bemerkenswert.

Insgesamt weist der beobachtete Zusammenhang zwischen der Veränderung des Verzehrs energiehaltiger Getränke und der gleichzeitigen Veränderung des BMI-SDS trotz der fehlenden Assoziation mit dem Körperfettanteil auf eine Erhöhung des Übergewichtsrisikos hin, wodurch es im Erwachsenenalter zu einer Manifestation der Symptome des metabolischen Syndroms kommen könnte. Ein möglicher Wirkungsmechanismus, durch den der Verzehr energiehaltiger Getränke zu Übergewicht führen könnte, ist die Steigerung der Gesamtenergiezufuhr, die in verschiedenen beobachtenden Studien bei Kindern und Jugendlichen nachgewiesen wurde [12, 26-28, 39]. Auch die Ergebnisse der DONALD Studie weisen auf eine unzureichende Kompensation der Energie aus Getränken durch eine Reduktion der restlichen Energieaufnahme hin (Kapitel 4). Durch die unzureichende Energiekompensation scheint der Verzehr von energiehaltigen Getränken zu einer Steigerung der Gesamtenergiezufuhr zu führen.

In den Studien zum Verzehr von Erfrischungsgetränken und der Entstehung von Übergewicht bei Kindern in den USA wurde die Verwendung von HFCS als Zuckersatz häufig als eine mögliche Ursache für die adipogene Wirkung der Erfrischungsgetränke diskutiert. Im Tierversuch wurde eine stärkere Gewichtszunahme bei Gabe von Erfrischungsgetränken mit HFCS im Vergleich zu saccharosehaltigen Getränken beobachtet [17]. Erklärt wird die stärkere adipogene Wirkung von HFCS durch den vermeintlich hohen Fruktoseanteil. Fruktose wird im Gegensatz zu Glukose unabhängig von Insulin in die Zellen aufgenommen. Dadurch kommt es nach dem Verzehr fruktosereicher Lebensmittel besonders in Leberzellen zu einem starken Anstieg des Fruktosegehaltes, wodurch vermehrt Fettsäuren synthetisiert werden, die in der Leber und im peripheren Fettgewebe in Form von Triglyzeriden gespeichert werden [40, 41]. Außerdem wird vermutet, dass der Verzehr von Fruktose aufgrund der fehlenden Ausschüttung von Insulin im Vergleich zu Glukose weniger sättigend wirkt [15].

Der relative Anteil der Fruktose an den enthaltenen Kohlenhydraten ist bei amerikanischen und deutschen Erfrischungsgetränken mit 55 % beziehungsweise 50 % ähnlich. In deutschen Erfrischungsgetränken ist Fruktose allerdings an Glukose gebunden (Saccharose). In

ungebundener Form gelangt Fruktose schneller in die Blutbahn. Aufgrund des niedrigen pH-Wertes von Erfrischungsgetränken schlussfolgern allerdings einige Autoren, dass die in Erfrischungsgetränken enthaltene Saccharose in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Temperatur in ihre Monomere gespalten wird (saure Hydrolyse) und somit auch in Erfrischungsgetränken mit Saccharosezusatz Fruktose in ungebundener Form vorliegt [42, 43]. Eine von der amerikanischen Getränkeindustrie unterstützte chemische Analyse ergab für ein kommerzielles Colagetränk 3 Monate nach der Produktion eine ausgeprägte Hydrolyse der Saccharose zu Fruktose und Glukose [44]. Allerdings wurden Lagerbedingungen wie zum Beispiel die Temperatur nicht dokumentiert. Es kann nicht beurteilt werden, in welchem Ausmaß diese Reaktion in den verschiedenen Getränken unter üblichen Bedingungen stattfindet, da die saure Hydrolyse von Kohlenhydraten im Normalfall bei einem sehr niedrigen pH-Wert und hohen Temperaturen abläuft. Zum jetzigen Zeitpunkt kann daher nicht abschließend beurteilt werden, ob amerikanische Erfrischungsgetränke aufgrund der Verwendung von HFCS bei Kindern stärker adipogen wirken als deutsche beziehungsweise europäische Erfrischungsgetränke.

In den USA wurde in Querschnittserhebungen parallel zum steigenden Konsum an Erfrischungsgetränken ein Rückgang des Milchkonsums festgestellt [12]. Blum et al. stellten in einer prospektiven Studie bei Kindern fest, dass gezuckerte Getränke anstelle von Milch getrunken werden und diese damit ersetzen [45]. Durch die Verdrängung der Milch, bei der eine gewichtsregulierende Wirkung zum Beispiel aufgrund des Calciumgehaltes diskutiert wird, könnten Erfrischungsgetränke auch indirekt zur Übergewichtsentstehung beitragen [8]. Es erwies sich allerdings als schwierig nachzuweisen, welche der beiden Lebensmittelgruppen den Effekt auf die Körpergewichtsentwicklung bewirkt.

Ein weiterer Confounder könnte der Verzehr von Fastfood sein. Erfrischungsgetränke werden häufig zusammen mit Fastfood-Mahlzeiten angeboten und verzehrt [46]. Kinder mit einem hohen Verzehr von Fastfood könnten somit auch einen überdurchschnittlichen Verzehr von Erfrischungsgetränken haben. Ein angenommener Effekt der Erfrischungsgetränke auf das Körpergewicht könnte zumindest zum Teil durch eine adipogene Wirkung des gleichzeitig verzehrten Fastfoods erklärt werden.

Als nicht-lebensmittelbezogener Confounder könnte ein parallel zum Verzehr von Erfrischungsgetränken gesteigener Fernsehkonsum und die damit verbundene erhöhte körperliche Inaktivität wirken. Giammattei et al. beobachteten bei Kindern eine signifikant positive Korrelation zwischen dem Konsum von Erfrischungsgetränken und dem Fernsehkonsum [19]. Somit könnte der Verzehr von Erfrischungsgetränken auch ein Indikator

für eine insgesamt ungünstige Lebensweise mit hohem Fernsehkonsum und Fastfood-Verzehr und geringer körperlicher Aktivität sein. Allerdings wurde festgestellt, dass das Übergewichtsrisiko auch unabhängig vom Fernsehkonsum mit dem Verzehr von Erfrischungsgetränken anstieg [19]. Bei einkommensschwachen Familien wurde in Deutschland im Vergleich zu wohlhabenden ein häufigerer Verzehr von Erfrischungsgetränken beobachtet [47]. Möglicherweise haben weitere Lebensstilfaktoren, die abhängig vom Einkommen und der sozialen Schicht sind, einen Einfluss auf das Körpergewicht.

Insgesamt kann der exakte Mechanismus, durch den der Verzehr von energiereichen Getränken zu einer Steigerung des Körpergewichts beitragen könnte, derzeit nicht eindeutig bestimmt werden. Bislang besteht für die unzureichende Energiekompensation durch eine ungenügende Einschränkung der Energieaufnahme aus anderen Lebensmitteln die höchste Evidenz [8].

5.6. Schlussfolgerung

Die vorliegende Auswertung der DONALD Studie zeigte, dass bei Mädchen eine Steigerung des Verzehrs energiereicher Getränke in einem Zeitraum von 5 Jahren mit einem gleichzeitigen Anstieg des BMI-SDS assoziiert war. Bei Jungen wurde nur ein Querschnittszusammenhang zwischen dem Verzehr von Fruchtsäften bei der ersten Untersuchung und dem BMI-SDS bei der ersten Untersuchung beobachtet. Obwohl kein Effekt auf den Körperfettanteil festgestellt wurde, könnte der Verzehr von energiereichen Getränken zumindest bei Mädchen das Übergewichtsrisiko steigern. Die Mechanismen, durch die der Konsum von energiereichen Getränken zu einer Steigerung des Körpergewichts beitragen könnte, sind nicht eindeutig geklärt. Die höchste Evidenz besteht derzeit für die unzureichende Energiekompensation.

Literatur

- [1] Livingstone B (2000): Epidemiology of childhood obesity in Europe. *Eur J Pediatr*; **159** Suppl 1: S14-34.
- [2] Ogden CL, Carroll MD, Curtin LR, McDowell MA, Tabak CJ, Flegal KM (2006): Prevalence of overweight and obesity in the United States, 1999-2004. *Jama*; **295**(13): 1549-1555.
- [3] Kurth B-M, Schaffrath Rosario A (2007): [The prevalence of overweight and obese children and adolescents living in Germany. Results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS)] In German. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz*; **50**: 736-743.
- [4] Kromeyer-Hauschild K WM, Kunze D, Geller F, Geiss HC, Hesse V, von Hippel A, Jaeger U, Johnsen D, Korte W, Menner K, Mueller G, Mueller JM, Niemann-Pilatus A, Remer T, Schaefer F, Wittchen H-U, Zabransky S, Zellner K, Ziegler A, Hebebrand J. (2001): [Percentiles of body mass index in children and adolescents evaluated from different regional German studies] In German. *Monatsschrift Kinderheilkd*; **149**: 807-818.
- [5] Reilly JJ, Methven E, McDowell ZC, Hacking B, Alexander D, Stewart L, Kelnar CJ (2003): Health consequences of obesity. *Arch Dis Child*; **88**(9): 748-752.
- [6] Daniels SR (2006): The consequences of childhood overweight and obesity. *Future Child*; **16**(1): 47-67.
- [7] Edmunds L, Waters E, Elliott EJ (2001): Evidence based paediatrics: Evidence based management of childhood obesity. *Bmj*; **323**(7318): 916-919.
- [8] Bachman CM, Baranowski T, Nicklas TA (2006): Is there an association between sweetened beverages and adiposity? *Nutr Rev*; **64**(4): 153-174.
- [9] Nielsen SJ, Popkin BM (2004): Changes in beverage intake between 1977 and 2001. *Am J Prev Med*; **27**(3): 205-210.
- [10] Guthrie JF, Morton JF (2000): Food sources of added sweeteners in the diets of Americans. *J Am Diet Assoc*; **100**(1): 43-51, quiz 49-50.
- [11] Krebs-Smith SM (2001): Choose beverages and foods to moderate your intake of sugars: measurement requires quantification. *J Nutr*; **131**(2S-1): 527S-535S.
- [12] Harnack L, Stang J, Story M (1999): Soft drink consumption among US children and adolescents: nutritional consequences. *J Am Diet Assoc*; **99**(4): 436-441.
- [13] Ludwig DS, Peterson KE, Gortmaker SL (2001): Relation between consumption of sugar-sweetened drinks and childhood obesity: a prospective, observational analysis. *Lancet*; **357**(9255): 505-508.
- [14] Mrdjenovic G, Levitsky DA (2003): Nutritional and energetic consequences of sweetened drink consumption in 6- to 13-year-old children. *J Pediatr*; **142**(6): 604-610.
- [15] Bray GA, Nielsen SJ, Popkin BM (2004): Consumption of high-fructose corn syrup in beverages may play a role in the epidemic of obesity. *Am J Clin Nutr*; **79**(4): 537-543.
- [16] Malik VS, Schulze MB, Hu FB (2006): Intake of sugar-sweetened beverages and weight gain: a systematic review. *Am J Clin Nutr*; **84**(2): 274-288.
- [17] Jurgens H, Haass W, Castaneda TR, Schurmann A, Koebnick C, Dombrowski F, Otto B, Nawrocki AR, Scherer PE, Spranger J, Ristow M, Joost HG, Havel PJ, Tschop MH (2005): Consuming fructose-sweetened beverages increases body adiposity in mice. *Obes Res*; **13**(7): 1146-1156.

- [18] Gillis LJ, Bar-Or O (2003): Food away from home, sugar-sweetened drink consumption and juvenile obesity. *J Am Coll Nutr*; **22**(6): 539-545.
- [19] Giammattei J, Blix G, Marshak HH, Wollitzer AO, Pettitt DJ (2003): Television watching and soft drink consumption: associations with obesity in 11- to 13-year-old schoolchildren. *Arch Pediatr Adolesc Med*; **157**(9): 882-886.
- [20] Nicklas TA, Yang SJ, Baranowski T, Zakeri I, Berenson G (2003): Eating patterns and obesity in children. The Bogalusa Heart Study. *Am J Prev Med*; **25**(1): 9-16.
- [21] Novotny R, Daida YG, Acharya S, Grove JS, Vogt TM (2004): Dairy intake is associated with lower body fat and soda intake with greater weight in adolescent girls. *J Nutr*; **134**(8): 1905-1909.
- [22] Troiano RP, Briefel RR, Carroll MD, Bialostosky K (2000): Energy and fat intakes of children and adolescents in the united states: data from the national health and nutrition examination surveys. *Am J Clin Nutr*; **72**(5 Suppl): 1343S-1353S.
- [23] Forshee RA, Anderson PA, Storey ML (2004): The role of beverage consumption, physical activity, sedentary behavior, and demographics on body mass index of adolescents. *Int J Food Sci Nutr*; **55**(6): 463-478.
- [24] Forshee RA, Storey ML (2003): Total beverage consumption and beverage choices among children and adolescents. *Int J Food Sci Nutr*; **54**(4): 297-307.
- [25] Janssen I, Katzmarzyk PT, Boyce WF, Vereecken C, Mulvihill C, Roberts C, Currie C, Pickett W (2005): Comparison of overweight and obesity prevalence in school-aged youth from 34 countries and their relationships with physical activity and dietary patterns. *Obes Rev*; **6**(2): 123-132.
- [26] O'Connor T, Yang S, Nicklas T (2006): Beverage Intake Among Preschool Children and Its Effect on Weight Status. *J. Pediatrics*; **118**(4): e1010-1017.
- [27] Rajeshwari R, Yang SJ, Nicklas TA, Berenson GS (2005): Secular trends in children's sweetened-beverage consumption (1973 to 1994): the Bogalusa Heart Study. *J Am Diet Assoc*; **105**(2): 208-214.
- [28] Rodriguez-Artalejo F, Garcia EL, Gorgojo L, Garces C, Royo MA, Martin Moreno JM, Benavente M, Macias A, De Oya M (2003): Consumption of bakery products, sweetened soft drinks and yogurt among children aged 6-7 years: association with nutrient intake and overall diet quality. *Br J Nutr*; **89**(3): 419-429.
- [29] Berkey CS, Rockett HR, Field AE, Gillman MW, Colditz GA (2004): Sugar-added beverages and adolescent weight change. *Obes Res*; **12**(5): 778-788.
- [30] Phillips SM, Bandini LG, Naumova EN, Cyr H, Colclough S, Dietz WH, Must A (2004): Energy-dense snack food intake in adolescence: longitudinal relationship to weight and fatness. *Obes Res*; **12**(3): 461-472.
- [31] Striegel-Moore RH, Thompson D, Affenito SG, Franko DL, Obarzanek E, Barton BA, Schreiber GB, Daniels SR, Schmidt M, Crawford PB (2006): Correlates of beverage intake in adolescent girls: the National Heart, Lung, and Blood Institute Growth and Health Study. *J Pediatr*; **148**(2): 183-187.
- [32] Welsh JA, Cogswell ME, Rogers S, Rockett H, Mei Z, Grummer-Strawn LM (2005): Overweight among low-income preschool children associated with the consumption of sweet drinks: Missouri, 1999-2002. *Pediatrics*; **115**(2): e223-229.

- [33] Newby PK, Peterson KE, Berkey CS, Leppert J, Willett WC, Colditz GA (2004): Beverage consumption is not associated with changes in weight and body mass index among low-income preschool children in North Dakota. *J Am Diet Assoc*; **104**(7): 1086-1094.
- [34] Cecil JE, Palmer CN, Wrieden W, Murrie I, Bolton-Smith C, Watt P, Wallis DJ, Hetherington MM (2005): Energy intakes of children after preloads: adjustment, not compensation. *Am J Clin Nutr*; **82**(2): 302-308.
- [35] Ebbeling CB, Feldman HA, Osganian SK, Chomitz VR, Ellenbogen SJ, Ludwig DS (2006): Effects of decreasing sugar-sweetened beverage consumption on body weight in adolescents: a randomized, controlled pilot study. *Pediatrics*; **117**(3): 673-680.
- [36] James J, Thomas P, Cavan D, Kerr D (2004): Preventing childhood obesity by reducing consumption of carbonated drinks: cluster randomised controlled trial. *Bmj*; **328**(7450): 1237.
- [37] Tordoff MG, Alleva AM (1990): Effect of drinking soda sweetened with aspartame or high-fructose corn syrup on food intake and body weight. *Am J Clin Nutr*; **51**(6): 963-969.
- [38] Sichert-Hellert W, Kersting M, Schoch G (1998): Underreporting of energy intake in 1 to 18 year old German children and adolescents. *Z Ernahrungswiss*; **37**(3): 242-251.
- [39] Davy BM, Harrell K, Stewart J, King DS (2004): Body weight status, dietary habits, and physical activity levels of middle school-aged children in rural Mississippi. *South Med J*; **97**(6): 571-577.
- [40] Bray GA (2007): How bad is fructose? *Am J Clin Nutr*; **86**(4): 895-896.
- [41] Bray GA (2004): The epidemic of obesity and changes in food intake: the Fluoride Hypothesis. *Physiol Behav*; **82**(1): 115-121.
- [42] Anderson GH (2006): Sugars-containing beverages and post-prandial satiety and food intake. *Int J Obes (Lond)*; **30 Suppl 3**: S52-59.
- [43] Hanover LM, White JS (1993): Manufacturing, composition, and applications of fructose. *Am J Clin Nutr*; **58**(5 Suppl): 724S-732S.
- [44] Monsivais P, Perrigue MM, Drewnowski A (2007): Sugars and satiety: does the type of sweetener make a difference? *Am J Clin Nutr*; **86**(1): 116-123.
- [45] Blum JW, Jacobsen DJ, Donnelly JE (2005): Beverage consumption patterns in elementary school aged children across a two-year period. *J Am Coll Nutr*; **24**(2): 93-98.
- [46] French SA, Lin BH, Guthrie JF (2003): National trends in soft drink consumption among children and adolescents age 6 to 17 years: prevalence, amounts, and sources, 1977/1978 to 1994/1998. *J Am Diet Assoc*; **103**(10): 1326-1331.
- [47] Robert Koch Institut H Armut bei Kindern und Jugendlichen. *Gesundheitsberichterstattung des Bundes; Heft 04/01*: Berlin (2005).

6. Assoziation zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und der Ernährungsqualität*

Zusammenfassung

Hintergrund: Es wird vermutet, dass Erfrischungsgetränke die nährstoffreiche Milch aus der Ernährung von Kindern und Jugendlichen verdrängen. Damit könnte der Verzehr von Erfrischungsgetränken einen negativen Einfluss auf die Nährstoffzufuhr und die Ernährungsqualität haben.

Zielsetzung: Anhand der Daten der DONALD Studie sollte der Zusammenhang zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und der Zufuhr verschiedener Nährstoffe sowie der anhand des Ernährungsscores Nutritional Quality Index (NQI) gemessenen Ernährungsqualität bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland untersucht werden.

Methoden: Die Daten aus insgesamt 7145 3-Tage-Wiegeernährungsprotokolle von 1069 Probanden (49,0 % Jungen) wurden anhand eines gemischten linearen Modells ausgewertet. Als unabhängige Variable wurde in separaten Modellen jeweils der prozentuale Anteil der Makronährstoffe an der Gesamtenergiezufuhr, die Zufuhr einzelner Vitamine und Mineralstoffe als Prozent der jeweiligen Referenzwerte (Intake Quality Score, IQS) und der NQI als abhängige Variablen ausgewählt.

Ergebnisse: Bei Jungen sank für jedes zusätzliche verzehrte MJ regulärer Erfrischungsgetränke die Zufuhr von Riboflavin, Pantothensäure, Kalzium, Eisen, Phosphor und Kalium um 6, 5, 6, 6, 5 beziehungsweise 3 Prozentpunkte. Bei Mädchen sank die Zufuhr von Vitamin A, Vitamin K, Riboflavin, Folat, Kalzium, Magnesium, Phosphor und Kalium um 9, 37, 8, 5, 9, 10, 6 beziehungsweise 9 Prozentpunkte. Bei beiden Geschlechtern war der Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken mit einer Verschlechterung der Gesamtqualität der Ernährung assoziiert, allerdings bei Mädchen stärker als bei Jungen. Der Verzehr von Erfrischungsgetränken war mit einem höheren Anteil von Kohlenhydraten an der Gesamtenergiezufuhr assoziiert und einem geringeren Anteil von Proteinen und Fett.

Schlussfolgerung: Der Verzehr von Erfrischungsgetränken könnte trotz durchschnittlich adäquater Zufuhr bei den meisten Mikronutrienten die Ernährungsqualität von Jungen und Mädchen verschlechtern.

* Libuda L., Alexy U., Buyken A.E., Sichert-Hellert W., Stehle P., Kersting M.: Consumption of sugar-sweetened beverages and its association with nutrient intakes and diet quality in German children and adolescents.

6.1. Einleitung

Die Mehrzahl der Studien, die sich bislang mit den Auswirkungen des Verzehrs regulärer Erfrischungsgetränke auf die Gesundheit beschäftigt haben, untersuchte den Zusammenhang mit der Gesamtenergiezufuhr und dem Körpergewicht. Aus den Studienergebnissen schlussfolgerten Malik et al. in einem Übersichtsartikel, dass der Verzehr von Getränken mit Zuckerzusatz sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen mit einer Gewichtszunahme und Übergewicht assoziiert ist [1]. Reguläre Erfrischungsgetränke haben in der Regel eine hohe Energiedichte und einen relativ geringen Gehalt an Mikronutrienten [2]. Deshalb könnte der Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken einen negativen Effekt auf die Zufuhr von Mikronutrienten und die Gesamtqualität der Ernährung haben, wenn reguläre Erfrischungsgetränke nährstoffdichtere Getränke wie beispielsweise Milch aus der Ernährung von Kindern und Jugendlichen verdrängen. Es wurde beobachtet, dass eine Verschlechterung der Ernährungsqualität, die anhand von „Scores“ gemessen wurde, im Erwachsenenalter mit erhöhten Morbiditäts- und Mortalitätsraten verbunden war [3]. Da Ernährungs- und Trinkgewohnheiten aus der Kindheit häufig auch im Erwachsenenalter beibehalten werden [4], sollten potentielle Folgen des Verzehrs regulärer Erfrischungsgetränke auf die Ernährung bereits im Kindes- und Jugendalter berücksichtigt werden.

Bislang wurde der Effekt des Verzehrs von regulären Erfrischungsgetränken auf die Ernährungsqualität in erster Linie indirekt evaluiert. Der Verzehr dieser Getränke ist bei Kindern und Erwachsenen mit einem Rückgang des Milchverzehrs verbunden [5]. Duffey & Popkin beobachteten bei Erwachsenen eine positive Korrelation zwischen einem ungesunden Getränkemuster, charakterisiert durch einen hohen Verzehr gesüßter Getränke, und einem ungesunden Ernährungsverhalten [6]. Bei deutschen Kindern und Jugendlichen sind reguläre Erfrischungsgetränke eine der Hauptquellen für zugesetzten Zucker in der Ernährung [7]. Der Verzehr von zugesetztem Zucker wurde in verschiedenen Studien mit einer Verschlechterung der Zufuhr von Mikronutrienten in Verbindung gebracht [7-10]. Außerdem wurde in einer kürzlich erschienenen Metaanalyse, die in erster Linie auf den Daten US-amerikanischer Studien basiert, ein negativer Zusammenhang zwischen dem Verzehr regulärer Erfrischungsgetränke und der Zufuhr von Kalzium und Riboflavin festgestellt [5]. Aufgrund von Unterschieden in Getränke- und Ernährungsmustern zwischen Kindern in den USA und europäischen Ländern sind die Studienergebnisse eines Landes nicht zwangsläufig auf andere Länder übertragbar. Des Weiteren haben die bisherigen Studien meist den Zusammenhang zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und der Zufuhr einzelner Nährstoffe untersucht und nicht den Effekt auf die Gesamtqualität der Ernährung.

6.2. Zielsetzung der Auswertung

Anhand der Daten der DONALD Studie sollte im ersten Schritt das Verhältnis zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und der Zufuhr einzelner Nährstoffe sowie der anhand des nährstoffbasierten Nutritional Quality Score (NQi) gemessenen Gesamtqualität der Ernährung untersucht werden. Im zweiten Schritt sollten mögliche Alters- und Geschlechtsinteraktionen bei der Assoziation zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und der Gesamtqualität der Ernährung untersucht werden, um Untergruppen zu identifizieren, die besonders von einem negativen Effekt auf die Ernährungsqualität betroffen sein könnten.

6.3. Methoden

6.3.1. Studienkollektiv

Seit 1985 wurden in der DONALD Studie bislang insgesamt 7740 Ernährungsprotokolle von Probanden zwischen 2 und 19 Jahren gesammelt. Von diesen wurden unter Berücksichtigung alters- und geschlechtsspezifischer Grenzwerte für das Verhältnis zwischen der Gesamtenergiezufuhr und dem Grundumsatz insgesamt 506 Ernährungsprotokolle als unplausibel beurteilt und von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Daneben wurden Ernährungsprotokolle, die weniger als 3 Tage umfassten, nicht für die Auswertung berücksichtigt. Letztlich wurden insgesamt 7145 3-Tage-Wiegeernährungsprotokolle von 1069 Probanden, davon 49,0 % Jungen, in die Auswertung aufgenommen. Insgesamt waren die Wochentage (69,8 %) und die Wochenendtage (30,2 %) in den ausgewerteten Protokollen proportional verteilt.

Die individuelle Anzahl von 3-Tages-Protokollen pro Proband reichte von 1 (n=163) bis 17 (n=18). Der Mittelwert der 3-Tages-Protokolle pro Proband lag bei 4,8. Das Durchschnittsalter lag für Jungen bei 8,0 Jahren (Standardabweichung: 4,5) und für Mädchen bei 8,0 Jahren (Standardabweichung: 4,4).

6.3.2. Reguläre Erfrischungsgetränke

Reguläre Erfrischungsgetränke wurden zur Unterscheidung von energiereduzierten Erfrischungsgetränken als kohlenstoffhaltige oder kohlenstofffreie Getränke mit einem Energiegehalt von mehr als 40 kJ pro 100 ml definiert, der in erster Linie auf zugesetztem Zucker beruht. Dementsprechend werden Limonaden, Eistee, Fruchtsaftgetränke und Nektar zur Gruppe der regulären Erfrischungsgetränke gezählt, aber nicht Fruchtsäfte und alkoholische Getränke.

6.3.3. Nährstoffzufuhr und Ernährungsqualität

Die individuelle tägliche Nährstoffzufuhr wurde anhand der Ernährungsprotokolle unter Berücksichtigung der Nährwertangaben in LEBTAB als Mittelwert aus den 3 protokollierten Tagen berechnet. Ermittelt wurde der Anteil der Makronutrienten (Kohlenhydraten, Fett, Protein) an der Gesamtenergiezufuhr und die tägliche Zufuhr von Vitaminen und Mineralstoffen unter Berücksichtigung von Nährstoffverlusten bei üblicher Lebensmittelzubereitung. Zusätzlich wurde die Zufuhr von zugesetztem Zucker als Anteil an der Gesamtenergiezufuhr berechnet. Zugesetzter Zucker wurde definiert als raffinierter Zucker (Saccharose, Glukose, Fruktose und Maltose) sowie Honig, Sirup und Zuckeraustauschstoffe (zum Beispiel Mannit), die einem Lebensmittel beim Essen zugesetzt werden oder bereits Rezeptzutat eines selbstzubereiteten oder industriell hergestellten Produktes sind. Für die einzelnen Vitamine und Mineralstoffe wurde jeweils der Intake Quality Score (IQS) [11, 12] als prozentualer Anteil der protokollierten Zufuhr an dem entsprechenden Referenzwert der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) [13] berechnet. In der angegebenen Formel steht der Index i stellvertretend für den jeweiligen Mikronährstoff.

$$IQS_i = \frac{\text{mittlere Zufuhr}_i}{\text{Referenzwert}_i} \times 100$$

Eine unzureichende Zufuhr wurde als $IQS < 2/3$ definiert [9]. Für die folgenden 17 Vitamine und Mineralstoffe wurden jeweils IQS-Werte berechnet:

1. Vitamin A, Vitamin E, Vitamin K, Thiamin, Riboflavin, Vitamin B6, Vitamin B12, Vitamin C, Niacin, Pantothensäure und Folat.
2. Kalzium, Magnesium, Eisen, Phosphor, Kalium und Zink.

Zur Beurteilung der individuellen Ernährungsqualität wurde der nährstoffbasierte NQI verwendet [11, 12]. Berechnet wurde der NQI für jeden Probanden als harmonisches Mittel der insgesamt 17 IQS-Werte nach der folgenden Formel:

$$NQI = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{IQS_i}}$$

Der Höchstwert der einzelnen IQS-Werte wurde auf 100 begrenzt, um zu vermeiden, dass eine exzessive Zufuhr eines Nährstoffes niedrige Zufuhrwerte anderer Nährstoffe mathematisch kompensieren könnte. Damit konnte der NQI theoretisch Werte zwischen 0 und 100 annehmen, wobei eine Ernährungsqualität von 100 bedeutet, dass die protokollierte Zufuhr aller untersuchten Mikronährstoffen im Mittelwert der 3 Tage die jeweiligen Referenzwerte erreicht oder sogar übertrifft.

6.3.4. Statistische Analyse

Der Zusammenhang zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und der Ernährungsqualität wurde zur Berücksichtigung intrapersoneller Korrelationen durch wiederholte 3-Tages-Protokolle anhand eines gemischten linearen Modells (PROC MIXED) untersucht. Um gleichzeitig die absolute Zufuhrmenge regulärer Erfrischungsgetränke und mögliche Unterschiede in der Energiedichte innerhalb der Getränkegruppe zu berücksichtigen, wurde die Energiemenge in MJ aus regulären Erfrischungsgetränken als Parameter für den Getränkeverzehr ausgewählt und als unabhängige Variable in das Modell aufgenommen.

In getrennten Modellen wurden jeweils die prozentualen Anteil der Makronährstoffe an der Gesamtenergiezufuhr, die IQS-Werte der einzelnen Vitamine und Mineralstoffe und der NQI als abhängige Variablen ausgewählt. Modell 1 wurde zusätzlich für die Zeit in Jahren seit Beginn der Studie und für das Alter der Probanden kontrolliert. Da Modell 1 nicht für die Gesamtenergiezufuhr adjustiert wurde, wurde in diesem Modell die Assoziation zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und der Gesamtzufuhr von Nährstoffen untersucht. Der Koeffizient β in Modell 1 gibt damit die berechnete Veränderung der Gesamtnährstoffzufuhr (in % des Referenzwertes) für jedes zusätzlich verzehrte MJ regulärer Erfrischungsgetränke an. In Modell 2 wurde die Energieaufnahme über reguläre Erfrischungsgetränke getrennt für die einzelnen Altersklassen mittels Residualmethode für die durchschnittliche Gesamtenergiezufuhr adjustiert. Zusätzlich wurde die durchschnittliche Gesamtenergie als Co-Variable in das Modell aufgenommen. In Modell 2 wurde damit die Assoziation zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und der Nährstoffzufuhr unabhängig von der Gesamtenergiezufuhr unter isokalorischen Bedingungen untersucht. Da die Gesamtnährstoffzufuhr zum Einen von der Nährstoffdichte und zum Anderen von der Gesamtenergie bestimmt wird, wird in Modell 2 durch die Energieadjustierung der Zusammenhang zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und der Nährstoffdichte untersucht. Dementsprechend gibt der Koeffizient β in Modell 2 die

berechnete Veränderung der Nährstoffdichte (in % der Referenzwerte) für jedes zusätzlich verzehrte MJ regulärer Erfrischungsgetränke an.

Aufgrund signifikanter Geschlechtsinteraktionen zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und dem NQI in Modell 1 und Modell 2 wurden die Daten von Jungen und Mädchen getrennt analysiert. Des Weiteren wurden zur Untersuchung möglicher Interaktionen mit dem Alter zwei verschiedene Altersgruppen gebildet (2 bis 10 Jahre und 11 bis 19 Jahre) um spezielle Risikogruppen identifizieren zu können, die besonders von einem möglichen negativen Effekt auf die Ernährungsqualität betroffen sein könnten. In allen Modellen wurde wie auch in der Auswertung in Kapitel 5 eine exponentielle Varianzstruktur bezüglich der intrapersonellen Korrelation angenommen. Damit wird eine vermutete stärkere Korrelation von aufeinanderfolgenden Untersuchungen als bei Untersuchungen mit größeren Zeitabständen berücksichtigt.

Zur Identifizierung von Alterstrends in der Nährstoffzufuhr bei gleichzeitiger Berücksichtigung möglicher Zeittrends wurde ein separates gemischtes lineares Modell gerechnet, das nur die Zeit seit Beginn der Studie und das Alter der Probanden als unabhängige Variablen berücksichtigt hat (Tabelle 6.1 und Tabelle 6.2). Zur Berechnung von Geschlechtsunterschieden wurde in einem weiteren Modell zusätzlich das Geschlecht als unabhängige Variable aufgenommen (Tabelle 6.2). Ein positiver Koeffizient steht dabei für eine höhere Nährstoffaufnahme der Jungen.

6.4. Ergebnisse

6.4.1. Verzehr regulärer Erfrischungsgetränke und Nährstoffzufuhr

Die mittleren täglichen Verzehrsmengen von regulären Erfrischungsgetränken und die Nährstoffzufuhr von Jungen und Mädchen sind in den Tabellen 6.1 und 6.2 dargestellt. Bei beiden Geschlechtern entsprach die mittlere Zufuhr der meisten Mikronährstoffe den jeweiligen Referenzwerten oder übertraf diese. Unzureichende Zufuhrmengen wurden für Folat und Eisen in einigen Altersklassen bei Mädchen festgestellt. Bei älteren Mädchen war die Kalziumzufuhr grenzwertig. Bei Jungen war die Folatzufuhr in erster Linie in den jüngeren Altersgruppen unzureichend.

6.4.2. Effekte von Geschlecht und Alter auf den Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und die Nährstoffzufuhr

Die Gesamtenergiezufuhr und die Energiezufuhr über reguläre Erfrischungsgetränke waren bei Jungen höher als bei Mädchen (Tabelle 6.2). Zusätzlich waren die IQS-Werte der meisten

Vitamine und aller Mineralstoffe bei Jungen höher, woraus dementsprechend höhere NQI-Werte resultierten.

Die Gesamtenergiezufuhr und die Energiezufuhr über reguläre Erfrischungsgetränke stieg bei beiden Geschlechtern mit dem Alter an. Bei Jungen war dieser Anstieg bei beiden Variablen allerdings stärker als bei Mädchen. Die Zusammensetzung der Makronutrienten änderte sich bei Jungen mit dem Alter nicht signifikant. Bei Mädchen wurde dagegen mit zunehmenden Alter in moderatem Umfang Fett durch Kohlenhydrate ersetzt. Gleichzeitig stieg bei beiden Geschlechtern die Zufuhr von zugesetztem Zucker mit dem Alter an. Während der NQI bei Jungen mit dem Alter aufgrund von steigenden IQS-Werten von kritischen Nährstoffen wie Folat und Eisen anstieg, sank der NQI bei Mädchen mit dem Alter aufgrund von abnehmenden IQS-Werten verschiedener Mineralstoffe.

6.4.3. Assoziation zwischen dem Verzehr regulärer Erfrischungsgetränke und der Nährstoffzufuhr

Die Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Assoziation zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und der Zufuhr von Makronutrienten sind in Tabelle 6.3 dargestellt. Der Verzehr regulärer Erfrischungsgetränke war bei Jungen und Mädchen in Modell 1 positiv mit der Zufuhr von Kohlenhydraten (in Prozent der Gesamtenergiezufuhr) assoziiert. Allerdings stieg der Anteil von zugesetztem Zucker an der Gesamtenergiezufuhr stärker als der Anteil der Kohlenhydrate insgesamt. Folglich sank der Anteil der Kohlenhydrate, der nicht aus zugesetztem Zucker besteht. Parallel zum Anstieg der gesamten Kohlenhydrate sank bei beiden Geschlechtern der Anteil von Protein und besonders der Anteil von Fett mit steigendem Verzehr regulärer Erfrischungsgetränke. Im energie-adjustierten Modell 2 wurden bezüglich der Makronutrienten ähnliche Ergebnisse beobachtet.

Tabelle 6.1. Mittlere tägliche Nährstoffzufuhr und Gesamtqualität der Ernährung bei 2- bis 19-jährigen männlichen Teilnehmern der DONALD Studie

	2-4 Jahre		5-7 Jahre		8-10 Jahre		11-13 Jahre		14-15 Jahre		16-19 Jahre		Alter [Jahre] ¹
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	β
Charakteristika der Studienpopulation													
Probanden [n]	414		350		280		220		156		115		
Protokolle [n]	982		850		693		507		252		265		
Alter [Jahre]	3,0	0,8	6,0	0,8	9,0	0,8	12,0	0,8	14,5	0,5	17,0	0,8	
GEZ [MJ/d]	4,79	0,93	6,30	1,07	7,53	1,29	8,67	1,60	10,48	2,12	11,27	2,07	0,46 ^c
REG [MJ/d]	0,11	0,21	0,21	0,30	0,31	0,37	0,47	0,52	0,67	0,73	0,74	0,75	0,05 ^c
REG [g/d]	60,9	118,4	122,2	172,6	190,6	221,9	286,4	311,4	409,1	460,5	452,8	473,9	29,3 ^c
Makronutrienten²													
Kohlenhydrate	50,7	6,5	51,1	5,5	51,1	5,8	51,3	6,0	51,8	6,0	49,8	6,4	-0,03
Zugesetzter Zucker	11,5	5,6	14,1	5,5	14,4	5,6	15,0	6,2	15,6	6,8	13,7	6,8	0,31 ^c
Fett	36,3	5,8	36,3	5,0	36,0	5,3	35,6	5,7	35,1	5,6	35,2	6,2	-0,04
Protein	12,9	2,1	12,5	1,8	12,8	1,9	13,0	2,0	13,0	2,0	13,6	2,2	0,02 ^a
Mikronutrienten³													
Vit. A	110,3	68,8	113,3	115,2	112,4	93,6	99,4	87,4	100,7	92,7	104,6	57,5	-0,50
Vit. E	95,0	51,6	104,2	60,6	101,1	47,7	95,1	46,3	100,9	48,9	132,4	199,2	1,46 ^c
Vit. K	390,0	312,8	348,6	271,4	292,7	232,9	253,6	178,5	229,4	168,5	220,4	192,5	-12,85 ^c
Thiamin	104,7	53,3	104,7	47,8	103,3	43,0	100,6	51,0	101,3	39,6	117,3	50,1	0,52 ^a
Riboflavin	145,1	66,4	141,2	59,2	138,2	55,4	122,2	61,1	126,6	51,8	141,0	55,9	0,81 ^b
Niacin	190,3	64,0	187,5	63,8	194,3	66,2	183,8	70,7	188,7	60,9	226,3	76,1	1,30 ^c
Pantothensäure	69,0	32,3	83,9	36,7	86,7	40,4	97,0	98,6	91,0	37,0	109,8	127,5	2,74 ^c
Vit. B6	257,8	97,0	260,3	108,4	225,7	91,6	182,6	81,0	150,6	59,3	156,6	70,5	-8,08 ^c

Tabelle 6.1. Fortsetzung

	2-4 Jahre		5-7 Jahre		8-10 Jahre		11-13 Jahre		14-15 Jahre		16-19 Jahre		Alter [Jahre] ¹
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	β
Vit. B12	243,4	112,5	211,7	102,2	208,7	96,6	192,7	81,1	162,7	75,3	177,7	68,4	-4,40 ^c
Folat	64,5	33,5	65,7	39,1	73,7	32,9	67,6	32,4	77,2	31,5	85,5	41,9	1,23 ^c
Vit. C	135,9	89,4	135,3	87,6	131,7	73,0	135,7	80,4	151,1	191,9	153,7	100,7	0,85
Kalzium	101,2	34,7	98,8	32,4	92,8	30,9	87,5	30,0	97,7	38,9	109,0	38,6	-0,38 ^a
Magnesium	201,0	59,6	168,9	48,0	144,8	41,5	119,6	31,8	105,4	32,8	99,6	29,5	-7,80 ^c
Eisen	69,1	23,0	88,2	82,3	82,2	22,3	81,9	23,0	97,0	36,7	110,7	105,3	2,21 ^c
Phosphor	145,2	36,3	146,3	37,3	130,1	36,3	101,6	24,7	121,5	33,1	134,6	33,9	-2,07 ^c
Kalium	164,7	41,8	143,4	33,4	150,6	35,8	157,0	38,5	167,6	47,4	173,3	46,4	0,20
Zink	158,3	90,9	125,5	105,3	112,7	104,6	102,7	58,3	114,0	31,9	125,9	49,1	-3,49 ^c
Ernährungsqualität													
NQI	83,2	10,0	85,6	9,6	86,2	9,9	83,9	11,1	85,8	11,6	89,1	9,7	0,24 ^c

GEZ, Gesamtenergiezufuhr; REG, reguläre Erfrischungsgetränke; NQI, Nutritional Quality Index

¹ Ergebnis des gemischten linearen Modell bezüglich der zeitadjustierten Alterseffekte auf die Zufuhr einzelner Nährstoffe

² alle als Prozent der Gesamtenergiezufuhr

³ alle als Prozent der Referenzwerte

^a $p < 0,05$; ^b $p < 0,01$; ^c $p < 0,0001$

Tabelle 6.2. Mittlere tägliche Nährstoffzufuhr und Gesamtqualität der Ernährung bei 2- bis 19-jährigen weiblichen Teilnehmern der DONALD Studie

	2-4 Jahre		5-7 Jahre		8-10 Jahre		11-13 Jahre		14-15 Jahre		16-19 Jahre		Alter [Jahre] ¹	Geschlecht ²
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	β	β
Charakteristika der Studienpopulation														
Probanden [n]	437		353		295		231		140		106			
Protokolle [n]	1017		861		719		536		221		242			
Alter [Jahre]	3,0	0,8	6,0	0,8	9,0	0,8	12,0	0,8	14,5	0,5	17,0	0,8		
GEZ [MJ/d]	4,38	0,80	5,66	0,97	6,65	1,16	7,55	1,32	8,09	1,46	8,16	1,38	0,31 ^c	0,92 ^c
REG [MJ/d]	0,09	0,19	0,17	0,25	0,24	0,32	0,36	0,46	0,44	0,48	0,42	0,58	0,03 ^c	0,08 ^c
REG [g/d]	53,3	114,2	95,4	143,8	143,3	194,3	218,2	272,6	260,8	283,4	247,0	319,4	15,9 ^c	51,4 ^c
Makronutrienten³														
Kohlenhydrate	50,0	6,5	51,3	5,8	51,3	5,8	51,2	6,1	51,5	6,5	52,3	6,2	0,06 ^a	0,01
Zugesetzter Zucker	11,4	5,6	14,2	5,7	14,6	5,9	14,6	6,5	14,9	6,9	13,9	6,4	0,25 ^c	0,20
Fett	36,8	5,8	36,1	5,2	36,0	5,3	35,7	5,6	35,4	5,7	34,2	5,7	-0,06 ^a	-0,11
Protein	13,1	2,1	12,4	2,0	12,6	2,0	13,0	2,2	12,9	2,2	13,1	2,0	-0,01	0,04
Mikronutrienten⁴														
Vit. A	102,9	70,7	102,1	74,7	100,2	72,7	105,1	108,6	97,5	77,0	113,2	102,9	0,67	4,81
Vit. E	105,1	57,9	95,1	45,6	100,9	52,3	101,7	52,7	98,0	48,7	106,7	52,3	-0,29	-0,58
Vit. K	365,5	299,5	329,4	267,7	275,0	237,4	239,6	168,7	249,5	300,5	197,1	189,9	-12,87 ^c	16,47
Thiamin	96,5	43,1	96,2	56,7	96,4	55,3	105,1	52,8	100,8	40,3	117,6	102,3	0,92 ^b	4,28 ^a
Riboflavin	136,1	56,4	126,3	63,6	123,3	65,7	123,3	59,6	117,1	45,9	133,7	83,8	-1,03 ^b	8,83 ^c
Niacin	178,9	62,5	167,4	56,7	173,2	62,1	184,1	63,9	178,3	61,6	206,3	76,8	0,73 ^a	12,94 ^c
Pantothensäure	69,9	72,5	75,7	34,0	74,0	34,5	97,6	327,8	71,6	27,2	83,3	101,3	1,33 ^a	7,70 ^b
Vit. B6	237,9	95,4	235,7	97,4	200,4	95,2	161,3	76,3	130,1	60,4	157,2	93,6	-8,12 ^c	18,49 ^c

Tabelle 6.2. Fortsetzung

	2-4 Jahre		5-7 Jahre		8-10 Jahre		11-13 Jahre		14-15 Jahre		16-19 Jahre		Alter [Jahre] ¹	Geschlecht ²
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	β	β
Vit. B12	230,5	106,6	182,5	77,8	179,5	97,1	174,0	102,3	120,0	52,1	160,6	567,1	-5,28 ^c	22,53 ^c
Folat	62,3	31,7	58,5	28,4	68,8	41,9	61,3	32,9	62,2	29,5	66,2	31,9	0,20	5,56 ^b
Vit. C	122,0	75,9	124,2	73,1	130,3	76,6	130,9	77,6	128,5	82,5	133,0	79,2	0,55	8,26 ^b
Kalzium	95,0	33,3	87,0	27,9	79,2	27,5	74,2	25,7	73,6	25,3	77,4	24,9	-1,89 ^c	12,15 ^c
Magnesium	183,3	49,5	149,5	38,6	125,7	34,1	100,2	25,5	85,4	23,7	84,0	22,1	-8,09 ^c	17,74 ^c
Eisen	69,6	128,3	75,2	24,1	70,2	21,4	59,4	23,6	62,3	20,2	63,8	19,5	-0,84 ^a	13,71 ^c
Phosphor	134,4	33,6	129,1	31,3	111,5	31,6	87,8	20,4	92,9	23,7	95,2	21,1	-3,78 ^c	16,86 ^c
Kalium	149,5	38,8	129,1	30,3	133,6	30,9	140,3	34,8	132,6	32,6	134,4	33,3	-1,06 ^c	16,99 ^c
Zink	141,9	46,0	107,3	32,1	101,7	70,0	116,4	36,6	121,7	34,0	127,0	53,9	-1,68 ^c	8,61 ^b
Ernährungsqualität														
NQI	81,6	10,0	82,4	10,3	81,6	10,9	79,5	11,7	78,1	12,8	81,2	10,9	-0,20 ^b	3,03 ^c

GEZ, Gesamtenergiezufuhr; REG, reguläre Erfrischungsgetränke; NQI, Nutritional Quality Index

¹ Ergebnis des gemischten linearen Modell bezüglich der zeitadjustierten Alterseffekte auf die Zufuhr einzelner Nährstoffe

² Ergebnis des gemischten linearen Modell bezüglich der alters- und zeitadjustierten Geschlechtseffekte auf die Zufuhr einzelner Nährstoffe;

positive Werte bedeuten eine höhere Zufuhr bei Jungen

³ alle als Prozent der Gesamtenergiezufuhr

⁴ alle als Prozent der Referenzwerte

^a $p < 0,05$; ^b $p < 0,01$, ^c $p < 0,0001$

Tabelle 6.4 zeigt die Ergebnisse des gemischten linearen Modells für Mikronutrienten. Im Gegensatz zu den Makronutrienten unterschied sich die Assoziation zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und der Zufuhr von Mikronutrienten bei Jungen und Mädchen (Modell 1). Bei Jungen sank für jedes zusätzliche verzehrte MJ regulärer Erfrischungsgetränke die Zufuhr (in % der Referenzwerte) der 6 Nährstoffe Riboflavin, Pantothensäure, Kalzium, Eisen, Phosphor und Kalium signifikant um 6, 5, 6, 6, 5 beziehungsweise 3 Prozentpunkte. Die Zufuhr von Vitamin E, Niacin und Vitamin C, die häufig in regulären Erfrischungsgetränken angereichert werden (Tabelle 6.5), war dagegen positiv mit dem Verzehr dieser Getränke assoziiert. Bei Jungen sank der NQI für jedes zusätzlich verzehrte MJ regulärer Erfrischungsgetränke um 1,4 Punkte.

Bei Mädchen sank die Zufuhr der 8 Nährstoffe Vitamin A, Vitamin K, Riboflavin, Folat, Kalzium, Magnesium, Phosphor und Kalium für jedes zusätzliche MJ regulärer Erfrischungsgetränke um 9, 37, 8, 5, 9, 10, 6 beziehungsweise 9 Prozentpunkte. Diese niedrigere Nährstoffzufuhr resultierte in einem Rückgang des NQI um 2,6 Punkte für jedes zusätzliche MJ regulärer Erfrischungsgetränke. In Modell 1 sank der NQI bei Mädchen in Abhängigkeit vom Erfrischungsgetränkeverzehr stärker als bei Jungen. In Modell 2 war der Erfrischungsgetränkeverzehr bei Jungen und Mädchen negativ mit der Nährstoffdichte der meisten Vitaminen und Mineralstoffen assoziiert. Auch der energieadjustierte NQI sank bei beiden Geschlechtern, wobei der Rückgang ähnlich wie in Modell 1 bei Mädchen stärker war als bei Jungen.

Die Assoziation zwischen dem Erfrischungsgetränkeverzehr und dem NQI unterschied sich bei Jungen in den beiden untersuchten Altersgruppen signifikant (p für die Altersinteraktion = 0,006). Bei 2- bis 10-jährigen Jungen sank der NQI um 2,28 Punkte für jedes zusätzliche MJ regulärer Erfrischungsgetränke ($p < 0,001$), während sich der NQI bei 11- bis 19-jährigen Jungen nicht signifikant veränderte ($\beta = -0,77$, $p = 0,149$). Bei Mädchen gab es zwischen den beiden Altersgruppen in Modell 1 keinen signifikanten Unterschied bei der Assoziation zwischen dem Erfrischungsgetränkeverzehr und dem NQI ($p = 0,86$).

Tabelle 6.3. Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Assoziation zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und der Zufuhr von Makronutrienten bei 2- bis 19-jährigen Teilnehmern der DONALD Studie

	Modell 1 ¹					Modell 2 ²				
	Jungen		Mädchen		Geschlechts- interaktion	Jungen		Mädchen		Geschlechts- interaktion
	MJ aus REG		MJ aus REG			MJ aus REG		MJ aus REG		
	β	p	β	p	p	β	p	β	p	p
Makronutrienten³										
Kohlenhydrate	4,00	<0,0001	4,09	<0,0001	0,036	4,41	<0,0001	4,54	<0,0001	0,658
Zugesetzter Zucker	7,36	<0,0001	9,52	<0,0001	<0,0001	7,72	<0,0001	9,61	<0,0001	<0,0001
Fett	-2,82	<0,0001	-2,73	<0,0001	0,541	-3,25	<0,0001	-3,28	<0,0001	0,818
Protein	-1,25	<0,0001	-1,31	<0,0001	0,005	-1,20	<0,0001	-1,20	<0,0001	0,928

REG, reguläre Erfrischungsgetränke

¹ adjustiert für Zeit und Alter

² adjustiert für Zeit, Alter und Gesamtenergiezufuhr

³ alle als Prozent der Gesamtenergiezufuhr

Tabelle 6.4. Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Assoziation zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und der Zufuhr von Mikronutrienten bei 2- bis 19-jährigen Teilnehmern der DONALD Studie

	Modell 1 ²					Modell 2 ³				
	Nährstoffzufuhr					Nährstoffdichte				
	Jungen		Mädchen		Geschlechts- interaktion	Jungen		Mädchen		Geschlechts- interaktion
	MJ aus REG		MJ aus REG			MJ aus REG		MJ aus REG		
β	p	β	p	p	β	p	β	p	p	
Vitamine¹										
Vit. A	-4,56	0,241	-8,67	0,047	0,763	-11,04	0,006	-14,88	<0,001	0,599
Vit. E	17,11	<0,0001	5,30	0,063	<0,0001	7,81	0,009	-4,19	0,138	0,003
Vit. K	-9,57	0,377	-36,90	0,008	0,489	-24,41	0,029	-52,07	<0,001	0,245
Thiamin	-0,57	0,784	1,37	0,652	0,281	-7,98	<0,0001	-8,28	0,006	0,942
Riboflavin	-6,03	0,019	-7,70	0,022	0,594	-15,39	<0,0001	-19,95	<0,0001	0,264
Niacin	5,63	0,048	0,218	0,949	0,136	-7,64	0,001	-15,31	<0,0001	0,086
Pantothensäure	-5,21	0,045	-3,00	0,671	0,341	-11,70	<0,0001	-15,11	0,036	0,477
Vit. B6	-2,34	0,562	-4,95	0,320	0,922	-12,78	0,002	-18,80	<0,001	0,435
Vit. B12	-7,63	0,063	19,62	0,028	0,068	-21,70	<0,0001	1,10	0,902	0,024
Folat	-0,83	0,587	-5,27	0,004	0,002	-5,28	<0,001	-10,32	<0,001	0,086
Vit. C	9,18	0,027	-0,06	0,988	0,250	0,31	0,941	-9,60	0,016	0,184
Mineralstoffe¹										
Kalzium	-6,35	<0,0001	-9,44	<0,0001	<0,0001	-14,56	<0,0001	-16,66	<0,0001	0,480
Magnesium	-3,01	0,096	-9,73	<0,0001	0,020	-13,50	<0,0001	-19,18	<0,0001	0,209
Eisen	-5,80	0,012	-4,98	0,196	0,002	-13,15	<0,0001	-10,79	0,006	0,589
Phosphor	-4,74	<0,001	-5,98	<0,001	0,003	-15,66	<0,0001	-15,44	<0,0001	0,720
Kalium	-3,11	0,046	-8,94	<0,0001	<0,0001	-15,94	<0,0001	-20,60	<0,0001	0,088
Zink	0,79	0,840	-4,91	0,071	0,973	-12,40	0,002	-15,90	<0,0001	0,303

Tabelle 6.4. Fortsetzung

IQS Werte ¹	Modell 1 ²					Modell 2 ³				
	Nährstoffzufuhr					Nährstoffdichte				
	Jungen		Mädchen		Geschlechts- interaktion	Jungen		Mädchen		Geschlechts- interaktion
	MJ aus REG		MJ aus REG			MJ aus REG		MJ aus REG		
β	p	β	p	p	β	p	β	p	p	
Ernährungsqualität										
NQI	-1,41	<0,001	-2,63	<0,0001	<0,0001	-4,08	<0,0001	-6,26	<0,0001	<0,001

REG, reguläre Erfrischungsgetränke; NQI, Nutritional Quality Index

¹ alle als Prozent der Referenzwerte (=IQS, Intake Quality Score)

² adjustiert für Zeit und Alter

³ adjustiert für Zeit, Alter und Gesamtenergiezufuhr

Tabelle 6.5. Anreicherung von Mikronutrienten in regulären Erfrischungsgetränken

	% der REG
Anzahl der angereicherten Mikronutrienten	
0	37.9
1	17.7
2-5	16.1
6-10	19.6
>10	8.8
Die 5 am häufigsten angereicherten Mikronutrienten	
Vit. C	55.6
Vit. E	32.4
Vit. B6	31.0
Vit. A ¹	28.4
Folat	26.1

REG, reguläre Erfrischungsgetränke

¹ sowohl Vitamin A als auch β -Carotin

6.5. Diskussion

Das Hauptergebnis der vorliegenden Auswertung war die negative Assoziation zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und der Zufuhr verschiedener Mikronutrienten, die zu einer Verschlechterung der Gesamtqualität der Ernährung bei steigendem Verzehr dieser Getränkegruppe führte (Modell 1). Dieser negative Zusammenhang mit der Gesamtqualität der Ernährung war bei Mädchen stärker als bei Jungen. Zusätzlich war der Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken bei beiden Geschlechtern auch nach Adjustierung für die Gesamtenergiezufuhr negativ mit der Zufuhr verschiedener Mikronutrienten und der Gesamtqualität der Ernährung assoziiert (Modell 2). Damit wurde der vermutete negative Effekt der Erfrischungsgetränke auf die Ernährungsqualität in einer Stichprobe deutscher Kinder und Jugendliche bestätigt.

Bei Mädchen war der Verzehr von Erfrischungsgetränken in Modell 1 negativ mit der Zufuhr einer Vielzahl von Mikronährstoffen assoziiert. Dementsprechend haben reguläre Erfrischungsgetränke bei Mädchen vermutlich andere nährstoffreichere Getränke oder Lebensmittel aus der Ernährung verdrängt oder waren mit einem hohen Verzehr nährstoffarmer Lebensmittel verbunden. Bemerkenswert war besonders der negative Effekt auf die Folat- und Kalziumzufuhr aufgrund der bei Mädchen durchschnittlich unzureichenden Zufuhr in verschiedenen Altersklassen und den vermuteten Effekten dieser Nährstoffe bei der Prävention kardiovaskulärer Erkrankungen [14, 15] und für die Knochengesundheit [16].

Die Ergebnisse der vorliegenden Auswertung bei Mädchen bezüglich des Zusammenhanges mit der Folat- und Kalziumzufuhr bestätigen Beobachtungen anderer Studien. Besonders bei

Kalzium zeigten die meisten Studien bei Kindern und Jugendlichen eine signifikant niedrigere Zufuhr bei den Hochverzehrern von regulären Erfrischungsgetränken [2, 17-23]. Allerdings wurde in einer anderen Studie kein Zusammenhang beobachtet [24] und in einer weiteren eine positive Assoziation [9]. In einer Metaanalyse schlussfolgern die Autoren, dass es einen moderaten negativen Effekt des Verzehr von Erfrischungsgetränken auf die Kalziumzufuhr bei Kindern gibt [5]. Bezüglich der Folatezufuhr haben zwei weitere Studien einen negativen Zusammenhang mit dem Erfrischungsgetränkeverzehr beobachtet [17, 22], in einer anderen Studie wurde kein Zusammenhang festgestellt [18]. Neben diesen beiden Nährstoffen wurde in vorliegenden Auswertung der DONALD Studie eine negative Assoziation mit weiteren Nährstoffen wie Vitamin K, Magnesium und Riboflavin beobachtet. Die erwähnte Metaanalyse bestätigt die Ergebnisse für Riboflavin [5]. Allerdings lagen die durchschnittlichen Zufuhrmengen bei Mädchen des DONALD Kollektivs weit über den Referenzwerten und sollten damit auch bei Hochverzehrern von Erfrischungsgetränken ausreichend zugeführt werden. Da die IQS-Werte auf 100 begrenzt waren, sollte der negative Zusammenhang mit der Zufuhr von Riboflavin und Vitamin K keinen Einfluss auf die NQI-Werte als Indikator für die Ernährungsqualität gehabt haben.

Bezüglich der Gesamtqualität der Ernährung, bei der alle ausgewerteten Mikronährstoffe berücksichtigt wurden, lässt die vorliegende Auswertung bei Mädchen und in geringerem Umfang auch bei Jungen einen Rückgang der Ernährungsqualität bei steigendem Erfrischungsgetränkeverzehr vermuten. Bislang untersuchten nur wenige Studien und in erster Linie Querschnittserhebungen den Effekt des Erfrischungsgetränkeverzehr auf die Ernährungsqualität. Die Ergebnisse dieser Studien bestätigen insgesamt den in der vorliegenden Auswertung beobachteten Zusammenhang. In zwei Studien wurde bei jüngeren Kindern zwischen 1 und 7 Jahre ein negativer Zusammenhang mit der Ernährungsqualität festgestellt, die in einer Studie anhand des Healthy Eating Index (HEI) gemessen wurde [19], in der anderen Studie anhand der nährstoffbasierten Mean Adequacy Ratio (MAR) [23]. In einer weiteren Studie wurde bei 6- bis 11-jährigen Hochverzehrern von Erfrischungsgetränken im Vergleich zu den anderen Probanden eine signifikant schlechtere Ernährungsqualität beobachtet, die wiederum mittels des HEI gemessen wurde [25]. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen wurde in einer Querschnittsanalyse bei Kindern und Erwachsenen insgesamt ein schwach positiver Effekt des Verzehr von Erfrischungsgetränken auf den HEI beobachtet [26]. LaRowe et al. schlussfolgerten, dass die Ernährungsqualität aller Kinder von einem Verzicht auf Erfrischungsgetränke profitieren kann [25]. Angesichts der Ergebnisse der DONALD Studie kann diese Schlussfolgerung zumindest bei Mädchen auch auf Jugendliche

übertragen werden. Im Gegensatz zu den Jungen blieb die Assoziation mit der Nährstoffzufuhr bei Mädchen in dieser Auswertung der DONALD Studie auch in der Jugend signifikant negativ. Da sich die durchschnittliche Ernährungsqualität mit zunehmenden Alter bei Mädchen verschlechterte, könnte ein hoher Erfrischungsgetränkeverzehr besonders bei jugendlichen Mädchen relevant sein.

Bei Jungen war der Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken negativ mit der Zufuhr von Riboflavin, Pantothensäure, Kalzium, Eisen, Phosphor und Kalium assoziiert. Aufgrund dieser negativen Assoziation war ein Anstieg des Erfrischungsgetränkeverzehrs auch bei Jungen mit einer Verschlechterung des absoluten NQI verbunden. Allerdings war diese Verschlechterung aufgrund von positiven Assoziationen mit der Zufuhr von Vitamin E, Niacin und Vitamin C, die häufig in Erfrischungsgetränken angereichert werden, geringer als bei Mädchen. Durch die Anreicherung wurde bei Jungen ein Teil des negativen Effektes der Erfrischungsgetränke auf die Ernährungsqualität kompensiert. Frühere Auswertungen der DONALD Studie haben bereits gezeigt, dass die Nährstoffanreicherung eine Verschlechterung der Nährstoffzufuhr durch zugesetzten Zucker verdecken kann [27]. Aufgrund der geringen Verschlechterung der Ernährungsqualität in der vorliegenden Auswertung kann vermutet werden, dass Erfrischungsgetränke bei Jungen andere Lebensmittel nicht in größerem Umfang aus der Ernährung verdrängen, sondern zusätzlich getrunken werden. Aufgrund der damit verbundenen Steigerung der Energiezufuhr verschlechterte sich die Nährstoffzufuhr in Modell 1 zwar nur leicht, dafür sank die Nährstoffdichte in Modell 2 mit steigendem Erfrischungsgetränkeverzehr stark. Auch in Kapitel 4 wurde nach dem Verzehr von Erfrischungsgetränken keine adäquate Anpassung der Energiezufuhr aus den restlichen verzehrten Lebensmitteln festgestellt, wodurch die Gesamtenergiezufuhr nach dem Verzehr von Erfrischungsgetränken anstieg. Trotz der nur geringfügigen Verschlechterung der anhand der Nährstoffzufuhr gemessenen Ernährungsqualität sind bei Jungen der negative Effekt auf die Nährstoffdichte, der Anstieg der Gesamtenergiezufuhr und die daraus resultierenden Folgen für die Energiebilanz bedenklich.

Zur Beurteilung der Gesamtqualität der Ernährung wurde in dieser Auswertung der nährstoffbasierte NQI verwendet. Ein weiterer häufig verwendeter nährstoffbasierter Ernährungsqualitätsindikator ist der MAR [28, 29], der ebenso wie der NQI auf Grundlage der Zufuhr einzelner Nährstoffe in Relation zu den jeweiligen Referenzwerten berechnet wird. Da die Höchstwerte einzelner Nährstoffe bei der Berechnung des NQI und des MAR auf 100 begrenzt sind, werden beide nicht unverhältnismäßig durch Zufuhrwerte einzelner Nährstoffe beeinflusst, die über den Referenzwerten liegen. Im Gegensatz zum NQI, dem harmonische

Mittel aus den Werten für die einzelnen Nährstoffe, wird der MAR als arithmetisches Mittel aus diesen Werten berechnet. Ein Vorteil des harmonischen Mittels im Vergleich zum arithmetischen Mittel ist die höhere Sensitivität bezüglich Ungleichgewichten in den Zufuhrwerten der berücksichtigten Nährstoffe. Somit werden niedrige Zufuhrwerte eines einzelnen Nährstoffes bei der Berechnung des NQI nicht so leicht durch hohe Zufuhrwerte eines anderen Nährstoffes kompensiert [11]. Gedrich et al. schlussfolgern, dass der NQI im Vergleich zum MAR vermutlich eine höhere Sensitivität für eine unzureichende Ernährungsqualität hat [12]. Allerdings wurde in der vorliegenden Auswertung der DONALD Studie bei Mädchen auch dann ein negativer Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und der Ernährungsqualität beobachtet, wenn der MAR anstelle des NQI als abhängige Variable verwendet wurde (Ergebnisse nicht dargestellt). Da bei Jungen die Zufuhrwerte nur bei einigen Nährstoffen durch den Verzehr von Erfrischungsgetränken verschlechtert wurden, wurde bei Jungen in Modell 1 kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Erfrischungsgetränkeverzehr und dem MAR festgestellt. Aufgrund der höheren Sensitivität für eine unzureichende Zufuhr einzelner Nährstoffe erscheint die Verwendung des NQI bei der Evaluation des Zusammenhanges zwischen dem Erfrischungsgetränkeverzehr und der Gesamtqualität der Ernährung sinnvoller als die Verwendung des MAR.

Bezüglich der Zusammensetzung der Makronutrienten bestätigen die Ergebnisse der vorliegenden Auswertung (Tabelle 6.3) die Beobachtungen verschiedener Studien, die bei Hochverzellern von Erfrischungsgetränken einen höheren Anteil von Kohlenhydraten an der Gesamtenergiezufuhr beobachtet haben und einen geringeren Anteil von Proteinen [2, 9, 17, 18, 30]. Die Ergebnisse der DONALD Studie zeigten, dass die Zufuhr von zugesetztem Zucker als Anteil der Gesamtenergiezufuhr stärker anstieg als die Gesamtkohlenhydratzufuhr. Folglich sank der Anteil der restlichen Kohlenhydrate bei steigenden Erfrischungsgetränkeverzehr. Auch in einer Metaanalyse wurde die beobachtete positive Assoziation zwischen dem Erfrischungsgetränkeverzehr und der Kohlenhydratzufuhr in erster Linie der steigenden Zufuhr von zugesetztem Zucker zugeordnet. Die Ergebnisse bisheriger Studien zur Fettzufuhr sind insgesamt weniger konsistent [2, 9, 17, 30].

6.6. Schlussfolgerung

Der Verzehr regulärer Erfrischungsgetränke war in einer Stichprobe deutscher Kinder und Jugendlicher bei Mädchen und Jungen negativ mit der Gesamtqualität der Ernährung assoziiert. Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass der Verzehr von Erfrischungsgetränken trotz durchschnittlich adäquater Zufuhr bei den meisten Mikronutrienten die Ernährungsqualität von Jungen und Mädchen verschlechtern könnte. Allerdings war der

Effekt bei Mädchen stärker als bei Jungen. Bemerkenswert war aufgrund der ohnehin niedrigen durchschnittlichen Zufuhrwerte besonders der negative Zusammenhang mit der Zufuhr von Folat und Kalzium. Da Verhaltensmuster beim Getränke- und Lebensmittelverzehr aus der Jugend möglicherweise im Erwachsenenalter beibehalten werden, sollte der Verzehr regulärer Erfrischungsgetränke zur Vermeidung nachhaltiger negativer Effekte auf die Ernährungsqualität bereits in der Kindheit eingeschränkt werden.

Literatur

- [1] Malik VS, Schulze MB, Hu FB (2006): Intake of sugar-sweetened beverages and weight gain: a systematic review. *Am J Clin Nutr*; **84**(2): 274-288.
- [2] Kant AK (2003): Reported consumption of low-nutrient-density foods by American children and adolescents: nutritional and health correlates, NHANES III, 1988 to 1994. *Arch Pediatr Adolesc Med*; **157**(8): 789-796.
- [3] Waijers PM, Feskens EJ, Ocke MC (2007): A critical review of predefined diet quality scores. *Br J Nutr*; **97**(2): 219-231.
- [4] Kelder SH, Perry CL, Klepp KI, Lytle LL (1994): Longitudinal tracking of adolescent smoking, physical activity, and food choice behaviors. *Am J Public Health*; **84**(7): 1121-1126.
- [5] Vartanian LR, Schwartz MB, Brownell KD (2007): Effects of soft drink consumption on nutrition and health: a systematic review and meta-analysis. *Am J Public Health*; **97**(4): 667-675.
- [6] Duffey KJ, Popkin BM (2006): Adults with healthier dietary patterns have healthier beverage patterns. *J Nutr*; **136**(11): 2901-2907.
- [7] Alexy U, Sichert-Hellert W, Kersting M (2002): Fifteen-year time trends in energy and macronutrient intake in German children and adolescents: results of the DONALD study. *Br J Nutr*; **87**(6): 595-604.
- [8] Bowman SA (1999): Diets of Individuals Based on Energy Intakes From Added Sugars. *Fam Econ and Nutr Rev*; **12**: 31-38.
- [9] Farris RP, Nicklas TA, Myers L, Berenson GS (1998): Nutrient intake and food group consumption of 10-year-olds by sugar intake level: the Bogalusa Heart Study. *J Am Coll Nutr*; **17**(6): 579-585.
- [10] Forshee RA, Storey ML (2001): The role of added sugars in the diet quality of children and adolescents. *J Am Coll Nutr*; **20**(1): 32-43.
- [11] Gedrich K, Karg G (2001), Al-Karma Press: Dietary Habits of German vs. Non-German Residents in Germany. <http://www.wlh.wi.tum.de/Res/ICCAS2001/non-german.pdf>. Zugriff am: 15.07.2008.
- [12] Gedrich K, Sichert-Hellert W, Kersting M, Karg G (2006): Enhanced nutritional quality indices: evaluation of two indices assessing the overall nutritional quality of diets. *Sixth International Conference on Dietary Assessment Methods Copenhagen - Program & Abstracts*: P15-04.
- [13] Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung, Schweizerische Vereinigung für Ernährung: Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 1. Auflage, 2. korrigierter Nachdruck. 2001: Umschau/Braus.
- [14] Spence JD, Bang H, Chambless LE, Stampfer MJ (2005): Vitamin Intervention For Stroke Prevention trial: an efficacy analysis. *Stroke*; **36**(11): 2404-2409.
- [15] McCully KS (2007): Homocysteine, vitamins, and vascular disease prevention. *Am J Clin Nutr*; **86**(5): 1563S-1568S.
- [16] Cashman KD (2002): Calcium intake, calcium bioavailability and bone health. *Br J Nutr*; **87 Suppl 2**: S169-177.
- [17] Harnack L, Stang J, Story M (1999): Soft drink consumption among US children and adolescents: nutritional consequences. *J Am Diet Assoc*; **99**(4): 436-441.
- [18] Mrdjenovic G, Levitsky DA (2003): Nutritional and energetic consequences of sweetened drink consumption in 6- to 13-year-old children. *J Pediatr*; **142**(6): 604-610.

- [19] Rodriguez-Artalejo F, Garcia EL, Gorgojo L, Garces C, Royo MA, Martin Moreno JM, Benavente M, Macias A, De Oya M (2003): Consumption of bakery products, sweetened soft drinks and yogurt among children aged 6-7 years: association with nutrient intake and overall diet quality. *Br J Nutr*; **89**(3): 419-429.
- [20] Striegel-Moore RH, Thompson D, Affenito SG, Franko DL, Obarzanek E, Barton BA, Schreiber GB, Daniels SR, Schmidt M, Crawford PB (2006): Correlates of beverage intake in adolescent girls: the National Heart, Lung, and Blood Institute Growth and Health Study. *J Pediatr*; **148**(2): 183-187.
- [21] Ballew C, Kuester S, Gillespie C (2000): Beverage choices affect adequacy of children's nutrient intakes. *Arch Pediatr Adolesc Med*; **154**(11): 1148-1152.
- [22] Frary CD, Johnson RK, Wang MQ (2004): Children and adolescents' choices of foods and beverages high in added sugars are associated with intakes of key nutrients and food groups. *J Adolesc Health*; **34**(1): 56-63.
- [23] Marshall TA, Eichenberger Gilmore JM, Broffitt B, Stumbo PJ, Levy SM (2005): Diet quality in young children is influenced by beverage consumption. *J Am Coll Nutr*; **24**(1): 65-75.
- [24] Forshee RA, Anderson PA, Storey ML (2006): Changes in calcium intake and association with beverage consumption and demographics: comparing data from CSFII 1994-1996, 1998 and NHANES 1999-2002. *J Am Coll Nutr*; **25**(2): 108-116.
- [25] LaRowe TL, Moeller SM, Adams AK (2007): Beverage patterns, diet quality, and body mass index of US preschool and school-aged children. *J Am Diet Assoc*; **107**(7): 1124-1133.
- [26] Forshee RA, Storey ML (2006): Demographics, not beverage consumption, is associated with diet quality. *Int J Food Sci Nutr*; **57**(7-8): 494-511.
- [27] Alexy U, Sichert-Hellert W, Kersting M (2002): Fortification masks nutrient dilution due to added sugars in the diet of children and adolescents. *J Nutr*; **132**(9): 2785-2791.
- [28] Madden JPY, M. D. (1972): Program evaluation: food stamps and commodity distribution in rural areas of central Pennsylvania. *Penn. Agr. Exp. Sta. Bull.*; **78**: 1-119.
- [29] Guthrie HA, Scheer JC (1981): Validity of a dietary score for assessing nutrient adequacy. *J Am Diet Assoc*; **78**(3): 240-245.
- [30] Davy BM, Harrell K, Stewart J, King DS (2004): Body weight status, dietary habits, and physical activity levels of middle school-aged children in rural Mississippi. *South Med J*; **97**(6): 571-577.

7. Assoziation zwischen dem langfristigen Verzehr von Erfrischungsgetränken und Parametern des Modeling und Remodeling der Knochen*

Zusammenfassung

Hintergrund: Es wird vermutet, dass Erfrischungsgetränke durch die Verdrängung der Milch aus der Ernährung die Knochenentwicklung von Kindern und Jugendlichen beeinflussen.

Zielsetzung: Anhand der Daten der DONALD Studie sollte der Zusammenhang zwischen dem langfristigen Verzehr verschiedener Arten von Erfrischungsgetränken und Variablen des Modeling und Remodeling der Knochen bei Kindern und Jugendlichen untersucht und mögliche Wirkmechanismen identifiziert werden, die den Effekt der Erfrischungsgetränke auf den Knochenmetabolismus vermitteln könnten.

Methoden: Berücksichtigt wurden die in einem Zeitraum von 4 Jahren anhand von 3-Tage-Wiegeprotokollen festgestellten langfristigen Ernährungsdaten von insgesamt 228 Kindern und Jugendlichen aus der DONALD Studie. Die Parameter des Modeling und Remodeling der Knochen wurden anhand einer pQCT-Messung (periphere quantitative Computertomographie) am Radius festgestellt.

Ergebnisse: Nach Adjustierung für verschiedene Covariablen wurde eine negative Assoziation zwischen dem langfristigen Verzehr von Erfrischungsgetränken insgesamt und dem Knochenmineralgehalt ($p < 0,05$), der Kortikalisfläche ($p < 0,05$) und dem polaren Strength Strain Index (SSI) ($p < 0,05$) beobachtet, die alle zugleich Indikatoren für das Modeling und Remodeling der Knochen darstellen. Der langfristige Verzehr koffeinhaltiger Erfrischungsgetränke war negativ mit dem polaren SSI und dem periostealen Umfang assoziiert, einem Indikator für das Modeling der Knochen. Die beobachteten Zusammenhänge wurden nach Adjustierung für den langfristigen Milchverzehr abgeschwächt, blieben aber weiterhin signifikant. Nach Adjustierung für die langfristige Proteinzufuhr waren die Assoziationen für den Verzehr von Erfrischungsgetränke insgesamt nicht mehr signifikant.

Schlussfolgerung: Der langfristige Verzehr verschiedener Arten von Erfrischungsgetränken war negativ mit Parametern des Modelings und Remodelings assoziiert. Dieser Zusammenhang scheint in erster Linie auf Unterschieden in der Proteinzufuhr zu beruhen.

* Libuda L., Alexy U., Remer T., Stehle P., Schoenau E., Kersting M.: Association between long-term consumption of soft drinks and parameters of bone modeling and remodeling in a sample of healthy German children and adolescents. (under review)

7.1. Einleitung

Aufgrund der steigenden Lebenserwartung und des zunehmenden Anteils älterer Menschen an der Gesamtbevölkerung in Industrieländern steigt die Inzidenz von osteoporosebedingten Knochenbrüchen [1, 2]. Da beispielsweise bei Frauen etwa 90 % des gesamten Knochenmineralgehaltes bis zum Alter von 17 Jahren gebildet wird [3], ist die Jugend der wichtigste Lebensabschnitt zum Aufbau von Knochenmasse [4]. Folglich sollte die Osteoporoseprävention schon in der Kindheit beginnen [5-7]. Da genetische und hormonelle Einflussfaktoren des Knochenaufbaus nur schwer verändert werden können, ist ein angepasster Lebensstil mit einer adäquaten Ernährung essentiell für die Prävention von Osteoporose [6].

Ein Faktor in der Ernährung in Industrienationen, bei dem vermutet wird, dass er den Knochenmineralgehalt negativ beeinflusst, ist der Verzehr von Erfrischungsgetränken. Allerdings sind die Ergebnisse bisheriger Studien widersprüchlich. Einige Studien haben nur bei Mädchen einen negativen Effekt von Erfrischungsgetränken auf die Knochenmineraldichte und das Risiko für Knochenbrüche festgestellt [8, 9]. In anderen Studien wird vermutet, dass diese Wirkung auf koffeinhaltige Erfrischungsgetränke beschränkt sein könnte und nicht auf nicht-koffeinhaltige Erfrischungsgetränke zutrifft [10]. Auch der Wirkmechanismus eines möglichen knochenkatabolen Effektes von Erfrischungsgetränken ist nicht geklärt. Zur Zeit werden verschiedene Möglichkeiten diskutiert wie die Verdrängung der Milch aus der Ernährung von Kindern [11, 12], die niedrigen pH-Werte von Erfrischungsgetränken [13] und der Phosphorsäure- und Koffeingehalt von Colagetränken [10, 14]. Allerdings könnte der Verzehr von Erfrischungsgetränken auch nur ein Indikator für einen ungesunden, inaktiven Lebensstil [15] oder für eine schlechte Ernährungsqualität sein [16, 17].

7.2. Zielsetzung der Auswertung

Im ersten Schritt dieser Auswertung sollte der Zusammenhang zwischen dem langfristigen Verzehr verschiedener Arten von Erfrischungsgetränken und Variablen des Modeling und Remodeling der Knochen bei Kindern und Jugendlichen aus der DONALD Studie untersucht werden. Für die Analyse wurden die langfristigen Verzehrsgewohnheiten in 4 Studienjahren berücksichtigt. Die Parameter der Knochen wurden anhand einer pQCT-Messung (periphere quantitative Computertomographie) des Unterarms ermittelt. Im zweiten Schritt sollten mögliche Wirkmechanismen identifiziert werden, die den Knochenmetabolismus beeinflussen könnten und somit den Effekt der Erfrischungsgetränke auf die Knochengesundheit von Kindern und Jugendlichen vermitteln könnten.

7.3. Methoden

7.3.1. Kollektiv und Ernährungsdaten

Die Messung der Knochendaten des Unterarms mittels pQCT wurde zwischen Juli 1998 und Juni 1999 bei insgesamt 371 Probanden der DONALD Studie im Alter zwischen 6 und 18 Jahren in Kooperation mit Professor Dr. E. Schönau (Universitätsklinik Köln) durchgeführt. Von diesen 371 Probanden wurden die 228 Probanden für die Auswertung berücksichtigt, die in den 4 Jahren vor der Knochenmessung mindestens 4 plausible von insgesamt 5 möglichen 3-Tage-Wiegeernährungsprotokolle angefertigt hatten. Anhand der Daten der 3-Tage-Ernährungsprotokolle wurde zunächst in jedem Untersuchungs Jahr der individuelle tägliche Verzehr verschiedener Getränkegruppen als arithmetisches Mittel aus den 3 Protokolltagen berechnet. Der langfristige Verzehr wurde als arithmetisches Mittel der individuellen 3-Tages-Mittelwerte innerhalb des 4-Jahres-Zeitraumes gebildet. Folgende Getränkegruppe wurden berücksichtigt:

1. Erfrischungsgetränke insgesamt: mit Zucker oder Süßstoff gesüßte, koffeinhaltige und nicht-koffeinhaltige, kohlen säurehaltige und nicht-kohlen säurehaltige Getränke wie beispielsweise Limonaden, Eistee, Fruchtsaftgetränke, Sportgetränke und Energy Drinks
2. Koffeinhaltige Erfrischungsgetränke: mit Zucker oder Süßstoff gesüßte Erfrischungsgetränke mit Koffein und Phosphorsäure wie beispielsweise Cola, Eistee und Energy Drinks
3. Nicht-koffeinhaltige Erfrischungsgetränke: mit Zucker oder Süßstoff gesüßte Erfrischungsgetränke ohne Koffein und mit Zitronensäure als Säuerungsmittel wie beispielsweise Limonaden und Fruchtsaftgetränke
4. Milch: Milch zum Trinken wie Kakaogetränke; nicht berücksichtigt wird Milch als Bestandteil von Mahlzeiten (zum Beispiel zusammen mit Zerealien)

Neben dem langfristigen Getränkeverzehr wurde die langfristige Zufuhr von Energie, Protein und Kalzium sowie die Potential Renal Acid Load (PRAL) berechnet. Die ernährungsabhängige PRAL wurde anhand der Formeln von Remer et al. [18] wie folgt berechnet:

$$\text{PRAL} = 0,4888 \times \text{Protein (g/d)} + 0,0366 \times \text{Phosphor (mg/d)} - 0,0205 \times \text{Kalium (mg/d)} \\ - 0,0263 \times \text{Magnesium (mg/d)}$$

Dieses Modell berücksichtigt Unterschiede in den Absorptionsraten der verschiedenen Mineralstoffe und der schwefelhaltigen Aminosäuren. Eine direkte Berücksichtigung der Zufuhr schwefelhaltiger Aminosäuren für die Berechnung der ernährungsbedingten PRAL war aufgrund fehlender Angaben des Gehaltes von Methionin und Cystein in einzelnen Lebensmitteln in der Nährstoffdatenbank LEHTAB und anderen Nährstoffdatenbanken nicht möglich. Daher wurden für die Berechnung der PRAL Durchschnittswerte für den Anteil schwefelhaltiger Aminosäuren verwendet. Remer et al. haben nachgewiesen, dass die auf diese Weise geschätzte Schwefelzufuhr sowohl bei lacto-vegetarischer Kost mit moderater Proteinzufuhr als auch bei omnivorer Kost mit hoher Proteinzufuhr der tatsächlich gemessenen Schwefelausscheidung über den Urin annähernd entspricht [19]. Das Modell zur Berechnung der PRAL hat sich sowohl bei Erwachsenen [19] als auch bei Kindern und Jugendlichen [18] als valide erwiesen, da die berechneten PRAL-Werte stark mit der gemessenen Nettosäureausscheidung über die Niere korrelierten.

7.3.2. Anthropometrische Daten

Anhand der pQCT-Messung wurden am Radius des Unterarms verschiedene Parameter des Modeling und Remodeling der Knochen ermittelt. Die Kortikalisfläche wurde nach Identifizierung der äußeren und inneren Abgrenzung der Kortikalis unter Annahme eines Schwellenwertes von 710 mg/cm^3 berechnet. Auch der Knochenmineralgehalt, definiert als Masse der Mineralstoffe in mg pro Einheit der axialen Knochenlänge in mm, wurde bei Werten $> 710 \text{ mg/cm}^3$ gemessen. Der periosteale Umfang wurde unter Annahme einer zylindrischen Knochenform auf Grundlage des ermittelten Knochenradius bestimmt. Der Knochenradius wurde nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Knochenradius} = (\text{Knochengesamtfläche} / \pi)^{0.5}$$

Des Weiteren wurde der polare Strength Strain Index (SSI) als Surrogat für die Knochenstabilität bestimmt [20]. Der SSI berücksichtigt sowohl die Kortikalisdichte als auch die Verteilung der Knochendichte und den Knochendurchmesser und ist somit ein Indikator für die Bruchfestigkeit des Knochens.

Die individuelle Knochenarchitektur wird durch die Prozesse des Modeling und Remodeling bestimmt. Der periosteale Umfang ist ein Indikator des Knochenmodeling, das den Prozess der Zunahme des Knochenquerschnittes aufgrund der Anlagerung neuer Knochensubstanz an der periostealen Oberfläche beschreibt. Der Knochenmineralgehalt, die Kortikalisfläche und der SSI sind gleichzeitig Indikatoren für das Modeling sowie für das Remodeling, das

Veränderungen der Kortikalisdicke beziehungsweise der Kortikalisporosität widerspiegelt [21].

Neben den Knochenparametern konnte anhand der pQCT-Messung durch die geräte-spezifische Software auch die Muskelfläche des Unterarms festgestellt werden.

Im Rahmen der anthropometrischen Untersuchungen wurden außerdem Körpergröße und Körpergewicht zum Zeitpunkt der pQCT-Messung erhoben, auf deren Basis der BMI berechnet wurde. Auf Grundlage der deutschen Referenzwerte für den BMI [22] (siehe Kapitel 2) wurde der BMI-SDS der Probanden berechnet.

Die Wachstumsgeschwindigkeit wurde als Differenz der Körpergröße zum Zeitpunkt der pQCT-Messung und der Größe bei der vorherigen Untersuchung geteilt durch die Zeitdifferenz in Jahren berechnet.

Anhand der von einem Kinderarzt bestimmten Tanner-Stadien der Probanden wurde der Pubertätsstatus zum Zeitpunkt der pQCT-Messung ermittelt. Probanden mit einem Tanner-Stadium von 1 wurden als präpubertär klassifiziert, Probanden mit höheren Tanner-Stadien als pubertär.

7.3.3. Statistische Analyse

Anhand einer zweifaktoriellen ANOVA (analysis of variance) wurden Unterschiede in den Daten der anthropometrischen Untersuchungen und den Ernährungsvariablen in Abhängigkeit vom Geschlecht und dem Pubertätsstatus getestet. Zur Einschätzung des Zusammenhanges zwischen der Veränderung des Erfrischungsgetränkeverzehrs im Untersuchungszeitraum und der gleichzeitigen Veränderung anderer Ernährungsvariablen, die möglicherweise einen Einfluss auf den Knochenmetabolismus haben könnten, wurde ein gemischtes lineares Modell (PROC MIXED) verwendet. Als abhängige Variable wurde der jeweilige 3-Tages-Mittelwert der Ernährungsvariablen ausgewählt. Als unabhängige Variablen wurden die Zeit in Jahren seit der jeweils ersten Untersuchung, das Alter der Probanden, der Erfrischungsgetränkeverzehr bei der ersten Untersuchung, die Interaktion zwischen Erfrischungsgetränkeverzehr bei der ersten Untersuchung mit der Zeit und die Veränderung des Erfrischungsgetränkeverzehrs im Untersuchungszeitraum berücksichtigt. Die Veränderung des Verzehrs von Erfrischungsgetränken wurde in jedem Untersuchungsjahr als Differenz aus dem aktuellen Verzehr und dem Verzehr bei der ersten Untersuchung berechnet. In getrennten Modellen wurde der Zusammenhang zwischen der Veränderung des Erfrischungsgetränkeverzehrs und der Veränderung des Verzehrs von Milch, der Zufuhr von Kalzium, der PRAL und der Zufuhr von Protein ausgewertet. Der auf diese Weise berechnete Regressionskoeffizient für die Veränderung des Erfrischungsgetränkeverzehrs gibt den Zusammenhang

zwischen der Veränderung des Erfrischungsgetränkeverzehrs und der gleichzeitigen Veränderung der jeweiligen Ernährungsvariable im 4-jährigen Untersuchungszeitraum an. Der Zusammenhang zwischen dem langfristigen Getränkeverzehr und Parametern des Modelings und Remodelings wurde in einer Querschnittsanalyse anhand einer multivariaten linearen Regression (PROC GLM) berechnet. Der langfristige Verzehr der verschiedenen Getränkegruppen in den 4 Jahren vor der pQCT-Messung wurde jeweils als unabhängige Variable eingesetzt. Als abhängige Variable wurde in getrennten Analysen der Knochenmineralgehalt, die Kortikalisdichte, der periosteale Umfang und der SSI verwendet. Im Modell 1 wurde für das Alter, das Geschlecht, die Gesamtenergiezufuhr, den BMI-SDS, die Wachstumsgeschwindigkeit und die Muskelfläche des Unterarms adjustiert. Zur Identifizierung möglicher Mediatoren der knochenkatabolen Wirkung des Erfrischungsgetränkeverzehrs wurde in 4 getrennten Modellen für weitere Variablen kontrolliert. In Modell 2 wurde der langfristige Milchverzehr als möglicher Mediator berücksichtigt, da vermutet wird, dass Erfrischungsgetränke die Milch aus der Ernährung von Kindern und Jugendlichen verdrängen könnten. Gleichzeitig könnte der Milchverzehr einen positiven Effekt auf die Knochenmineralisation haben. In Modell 3 wurde für die langfristige Kalziumzufuhr kontrolliert, in Modell 4 für die langfristige PRAL und in Modell 5 für die langfristige Proteinzufuhr (in % der Gesamtenergiezufuhr). Sowohl für die Proteinzufuhr als auch für die PRAL wurde kürzlich ein Zusammenhang mit dem Knochenmetabolismus beobachtet [23]. Da keine Geschlechtsinteraktion festgestellt wurde, wurden die Analysen nicht getrennt für Jungen und Mädchen durchgeführt.

7.4. Ergebnisse

Die deskriptive Darstellung der anthropometrischen Daten und Ernährungsvariablen in den Tabellen 7.1 und 7.2 beinhaltet alle abhängigen und unabhängigen Variablen sowie die möglichen Confounder. Im Vergleich zu der präpubertären Gruppe waren zum Zeitpunkt der pQCT-Messung die Werte der pubertären Probanden bei allen anthropometrischen Variablen inklusive der Knochenparameter signifikant höher (Tabelle 7.1). Beispielsweise war der Knochenmineralgehalt bei pubertären Jungen (Mädchen) etwa 1,6-fach (1,7-fach) höher als bei den präpubertären Probanden. Zusätzlich wurde bei allen Knochenparametern und bei der Muskelfläche ein signifikanter Geschlechtsunterschied mit höheren Werten bei Jungen beobachtet. Auch das Körpergewicht und die Größe waren bei Jungen signifikant höher als bei Mädchen, wohingegen sich weder der BMI noch der BMI-SDS bei Jungen und Mädchen signifikant unterschieden.

Der langfristige Verzehr koffeinhaltiger und nicht-koffeinhaltiger Erfrischungsgetränke, die Gesamtenergiezufuhr, die absolute Protein-, Kalzium- und Phosphorzufuhr sowie die absoluten PRAL-Werte waren bei pubertären Probanden signifikant höher als bei präpubertären Probanden (Tabelle 7.2). Allerdings unterschieden sich die Werte der Protein-, Kalzium- und Phosphorzufuhr sowie die PRAL unter Berücksichtigung der Gesamtenergiezufuhr zwischen den Gruppen nicht signifikant. Im Gegensatz zum Verzehr der Erfrischungsgetränke insgesamt war der Milchverzehr bei pubertären Probanden nicht höher als bei präpubertären Probanden. Während präpubertäre Probanden durchschnittlich mehr Milch verzehrten als Erfrischungsgetränke insgesamt, war der durchschnittliche langfristige Verzehr beider Getränkegruppen bei pubertären Probanden ähnlich.

Die langfristigen Werte der meisten Ernährungsvariablen waren bei Jungen im Vergleich zu den Mädchen signifikant höher. Allerdings wurde bezüglich des langfristigen Erfrischungsgetränkeverzehrns nur in der Untergruppe der koffeinhaltigen Erfrischungsgetränke ein signifikanter Geschlechtsunterschied beobachtet. Bei beiden Geschlechtern wurden mehr nicht-koffeinhaltige Erfrischungsgetränke verzehrt als koffeinhaltige.

Die durchschnittliche Kalziumzufuhr lag bei beiden Geschlechtern unter den empfohlenen Werten von 800 mg pro Tag bei 3- bis 8-Jährigen beziehungsweise 1300 mg pro Tag bei 9- bis 18-Jährigen [24]. Die positiven Werte der PRAL, die bei beiden Geschlechtern in beiden Pubertätsstufen beobachtet wurden, bedeuten eine moderate ernährungsbedingte Säurelast.

Tabelle 7.1. Anthropometrische Daten und Knochenparameter des Studienkollektivs zum Zeitpunkt der pQCT-Messung¹

	Präpubertär		Pubertär		p für Unterschiede ² nach	
	Jungen n=67	Mädchen n=56	Jungen n=48	Mädchen n=57	Geschlecht	Pubertätsklasse
Alter (Jahre)	8,8 ± 2,0	8,2 ± 1,6	13,8 ± 2,2	13,3 ± 2,3	0,0786	<0,0001
Körpergewicht (kg)	31,7 ± 10,2	28,6 ± 7,1	55,9 ± 9,7	52,5 ± 11,7	0,0123	<0,0001
Körpergröße (cm)	136,1 ± 12,6	131,5 ± 10,8	167,5 ± 11,2	160,7 ± 10,5	0,0003	<0,0001
BMI (kg/m ²)	16,7 ± 2,7	16,3 ± 2,0	19,8 ± 9,7	20,1 ± 3,2	0,7055	<0,0001
BMI-SDS	-0,06 ± 0,97	-0,09 ± 0,90	0,19 ± 0,74	0,23 ± 0,99	0,9699	0,0220
Wachstumsgeschwindigkeit bei pQCT (cm/Jahr)	6,0 ± 1,0	5,9 ± 0,9	5,8 ± 2,7	4,6 ± 3,0	0,0273	0,0071
Knochenmineralgehalt (mg/mm)	45,8 ± 11,1	39,5 ± 13,0	71,1 ± 16,8	68,2 ± 17,3	0,0216	<0,0001
Kortikalisfläche (mm ²)	45,2 ± 9,8	39,6 ± 11,5	68,2 ± 16,8	63,2 ± 14,0	0,0032	<0,0001
Periostealer Umfang (mm)	32,6 ± 3,4	31,7 ± 2,9	38,6 ± 2,9	35,9 ± 3,2	<0,0001	<0,0001
Polarer SSI (mm ³)	147,4 ± 47,7	124,3 ± 41,4	253,5 ± 64,7	216,6 ± 59,6	<0,0001	<0,0001
Muskelfläche (mm ²)	1973,1 ± 379,1	1749,3 ± 318,1	3150,2 ± 718,0	2605,5 ± 401,2	<0,0001	<0,0001

¹ Werte sind Mittelwerte ± SD² Effekte von Geschlecht und Pubertätsklasse wurden mit einer zweifaktoriellen ANOVA getestet

Tabelle 7.2. Langfristige Verzehrdaten des Studienkollektivs in den 4 Jahren vor der pQCT-Messung¹

	Präpubertär		Pubertär		p für Unterschiede ² nach	
	Jungen	Mädchen	Jungen	Mädchen	Geschlecht	Pubertätsklasse
EFG insgesamt (g/Tag)	136,8 ± 137,3	119,8 ± 129,2	243,5 ± 200,4	186,0 ± 196,5	0,1085	0,0001
Koffeinhaltige EFG (g/Tag)	19,0 ± 47,4	10,1 ± 20,5	55,6 ± 84,5	29,6 ± 37,9	0,0145	<0,0001
Nicht-koffeinhaltige EFG (g/Tag)	117,8 ± 112,3	109,7 ± 126,6	187,9 ± 156,7	156,4 ± 179,4	0,3259	0,0027
Milch (g/Tag)	207,1 ± 124,5	185,5 ± 107,7	243,6 ± 158,1	163,2 ± 132,2	0,0057	0,6894
GEZ (MJ/Tag)	6,4 ± 1,1	5,6 ± 0,7	8,8 ± 1,4	7,4 ± 1,0	<0,0001	<0,0001
Protein						
g/Tag	48,2 ± 10,2	42,5 ± 7,3	68,4 ± 12,4	56,0 ± 10,7	<0,0001	<0,0001
%GEZ	12,5 ± 1,4	12,7 ± 1,6	13,1 ± 1,3	12,7 ± 1,8	0,5754	0,1159
Kalzium						
mg/Tag	744,4 ± 180,3	664,0 ± 157,9	1050,4 ± 275,1	816,5 ± 237,9	<0,0001	<0,0001
mg/MJ	116,6 ± 21,8	119,2 ± 24,6	120,9 ± 26,0	110,1 ± 25,6	0,2702	0,4623
mg/kg Körpergewicht	31,2 ± 7,1	31,1 ± 7,4	25,0 ± 6,4	20,4 ± 6,1	0,0181	<0,0001
PRAL						
mEq/Tag	8,5 ± 6,6	7,6 ± 5,5	13,6 ± 7,9	9,3 ± 7,9	0,0096	0,0004
mEq/MJ	1,3 ± 0,9	1,3 ± 0,9	1,5 ± 0,9	1,2 ± 1,1	0,3409	0,3722
Phosphor						
mg/Tag	950,6 ± 202,8	838,5 ± 147,7	1351,0 ± 264,7	1088,3 ± 235,5	<0,0001	<0,0001
mg/MJ	148,2 ± 20,7	149,5 ± 20,2	155,1 ± 20,3	147,6 ± 24,5	0,3313	0,3933

EFG, Erfrischungsgetränke; GEZ, Gesamtenergiezufuhr

¹ Werte sind Mittelwerte ± SD² Effekte von Geschlecht und Pubertätsklasse wurden mit einer zweifaktoriellen ANOVA getestet

Die Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Assoziation zwischen der Veränderung des Verzehrs der Erfrischungsgetränke insgesamt und der gleichzeitigen Veränderung verschiedener Ernährungsvariablen sind in Tabelle 7.3 dargestellt. Die Veränderung des Verzehrs der Erfrischungsgetränke insgesamt war invers mit der Veränderung des Milchverzehrs und der Kalziumzufuhr assoziiert. Während keine Assoziation mit der Veränderung der PRAL beobachtet wurde, nahm die Proteinzufuhr bei steigendem Verzehr von Erfrischungsgetränken ab.

Tabelle 7.3. Ergebnisse des gemischten linearen Modells zur Assoziation zwischen der Veränderung des Verzehrs von Erfrischungsgetränken insgesamt und der gleichzeitigen Veränderung von Ernährungsvariablen¹

Veränderung der abhängigen Variable	Veränderung des Erfrischungsgetränkeverzehr (g/Tag)	
	β (SE)	p
Milchverzehr (g/Tag)	-0,090 (0,025)	<0,001
Kalziumzufuhr (mg/Tag)	-0,154 (0,042)	<0,001
PRAL (mEq/Tag)	-0,002 (0,002)	0,222
Protein Zufuhr (% GEZ)	-0,002 (<0,001)	<0,0001

GEZ, Gesamtenergiezufuhr

¹ Adjustiert für Zeit, Alter, Geschlecht, Erfrischungsgetränkeverzehr bei der ersten Untersuchung und Erfrischungsgetränkeverzehr bei der ersten Untersuchung x Zeit

Die Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse zur Assoziation zwischen dem langfristigen Getränkeverzehr und dem Knochenstatus sind in Tabelle 7.4 dargestellt. Der langfristige Verzehr der Erfrischungsgetränke insgesamt war in Modell 1 signifikant negativ mit allen Knochenvariablen außer dem periostealen Umfang assoziiert. Während ähnliche Ergebnisse für nicht-koffeinhaltige Erfrischungsgetränke beobachtet wurden, war der Verzehr von koffeinhaltigen Erfrischungsgetränken nur mit dem periostealen Umfang und dem SSI assoziiert. Der langfristige Milchverzehr war nur mit dem SSI signifikant positiv assoziiert, nicht aber mit den übrigen Knochenvariablen.

Nach Adjustierung für den langfristigen Milchverzehr in Modell 2 wurde der Signifikanzlevel im Vergleich zu Modell 1 sowohl für die Erfrischungsgetränke insgesamt als auch für die beiden Untergruppen nur leicht verändert. Der langfristige Verzehr von Erfrischungsgetränken insgesamt war noch immer signifikant negativ mit der Kortikalisfläche und dem SSI assoziiert. Der Verzehr von koffeinhaltigen Erfrischungsgetränken war auch weiterhin negativ mit dem periostealen Umfang und dem SSI assoziiert.

Die Adjustierung für die langfristige Kalziumzufuhr in Modell 3 erbrachte keine nennenswerte Modifikation der Effekte des Verzehrs von Erfrischungsgetränken auf die meisten Knochenvariablen. Allerdings wurde die Assoziation zwischen dem Verzehr der verschiedenen Erfrischungsgetränkegruppen und dem SSI abgeschwächt. Die Adjustierung für die langfristige PRAL in Modell 4 führte bei keiner Getränkegruppe und keiner Knochenvariable zu einer grundlegenden Veränderung der Signifikanzwerte. Nach Adjustierung für die langfristige Proteinzufuhr in Modell 5 blieb nur noch die Assoziation zwischen dem Verzehr von koffeinhaltigen Erfrischungsgetränken und dem periostealen Umfang und dem SSI signifikant. Die langfristige Proteinzufuhr selbst war in Modell 5 positiv mit allen Knochenvariablen assoziiert (Knochenmineralgehalt: $\beta=1,02$ $p=0,03$; Kortikalisfläche: $\beta=0,97$ $p=0,01$; Knochenumfang: $\beta=0,28$ $p=0,02$; SSI: $\beta=5,23$ $p<0,01$).

Tabelle 7.4. Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse zur Assoziation zwischen dem langfristigen Getränkeverzehr und Parametern des Modeling und Remodeling der Knochen bei 228 Kindern und Jugendlichen

Unabhängige Variable (g/Tag)	Knochenmineralgehalt (mg/mm)			Kortikalisfläche (mm ²)			Periostaler Umfang (mm)			Polarer SSI (mm ³)		
	β	SE	p	β	SE	p	β	SE	p	β	SE	p
Modell 1¹												
EFG insgesamt	-0,009	0,004	0,036	-0,009	0,003	0,011	-0,001	0,001	0,205	-0,038	0,013	0,006
Koffeinhaltige EFG	-0,017	0,014	0,243	-0,020	0,012	0,084	-0,009	0,003	0,014	-0,130	0,04	0,005
Nicht-koffeinhaltige EFG	-0,009	0,004	0,050	-0,009	0,004	0,023	-0,001	0,001	0,545	-0,033	0,015	0,030
Milch	0,006	0,005	0,240	0,005	0,004	0,212	0,002	0,001	0,096	0,034	0,017	0,047
Modell 2²												
EFG insgesamt	-0,008	0,004	0,053	-0,008	0,003	0,017	-0,001	0,001	0,306	-0,034	0,014	0,012
Koffeinhaltige EFG	-0,015	0,014	0,282	-0,019	0,011	0,102	-0,008	0,003	0,019	-0,123	0,045	0,007
Nicht-koffeinhaltige EFG	-0,009	0,005	0,071	-0,008	0,004	0,034	>-0,001	0,001	0,714	-0,029	0,015	0,057
Milch	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Modell 3³												
EFG insgesamt	-0,011	0,005	0,020	-0,010	0,004	0,008	>-0,001	0,001	0,693	-0,028	0,015	0,057
Koffeinhaltige EFG	-0,018	0,015	0,225	-0,020	0,012	0,089	-0,007	0,004	0,042	-0,109	0,046	0,020
Nicht-koffeinhaltige EFG	-0,011	0,005	0,031	-0,010	0,004	0,020	<0,001	0,001	0,786	-0,021	0,016	0,197
Milch	0,009	0,006	0,141	0,007	0,005	0,197	0,001	0,002	0,601	0,014	0,020	0,491

Tabelle 7.4. Fortsetzung

Unabhängige Variable (g/Tag)	Knochenmineralgehalt (mg/mm)			Kortikalisfläche (mm ²)			Periostaler Umfang (mm)			Polarer SSI (mm ³)		
	β	SE	p	β	SE	p	β	SE	p	β	SE	p
Modell 4⁴												
EFG insgesamt	-0,009	0,004	0,034	-0,009	0,003	0,010	-0,001	0,001	0,228	-0,037	0,013	0,006
Koffeinhaltige EFG	-0,017	0,014	0,241	-0,020	0,012	0,084	-0,008	0,003	0,014	-0,129	0,045	0,005
Nicht-koffeinhaltige EFG	-0,009	0,005	0,047	-0,009	0,004	0,022	-0,001	0,001	0,589	-0,032	0,015	0,034
Milch	0,007	0,005	0,201	0,006	0,004	0,191	0,002	0,001	0,140	0,032	0,017	0,064
Modell 5⁵												
EFG insgesamt	-0,005	0,004	0,248	-0,005	0,004	0,140	>-0,001	0,001	0,783	-0,018	0,014	0,202
Koffeinhaltige EFG	-0,009	0,014	0,522	-0,013	0,012	0,256	-0,007	0,003	0,047	-0,093	0,044	0,037
Nicht-koffeinhaltige EFG	-0,005	0,005	0,287	-0,005	0,004	0,212	<0,001	0,001	0,706	-0,011	0,015	0,482
Milch	0,002	0,005	0,738	0,001	0,004	0,790	0,001	0,001	0,387	0,012	0,017	0,492

¹ adjustiert für Alter, Geschlecht, Gesamtenergiezufuhr, Muskelfläche, BMI-SDS und Wachstumsgeschwindigkeit

² wie Modell 1 und zusätzlich adjustiert für den langfristigen Milchverzehr (g/Tag)

³ wie Modell 1 und zusätzlich adjustiert für die langfristige Kalziumzufuhr (g/Tag)

⁴ wie Modell 1 und zusätzlich adjustiert für die langfristige PRAL (mEq/Tag)

⁵ wie Modell 1 und zusätzlich adjustiert für die langfristige Proteinzufuhr (% Gesamtenergiezufuhr)

7.5. Diskussion

Hauptergebnis dieser Auswertung war die negative Assoziation zwischen dem Verzehr verschiedener Kategorien von Erfrischungsgetränken und Parametern des Modeling und Remodeling der Knochen bei Kindern und Jugendlichen. Diese Assoziation könnte in erster Linie auf dem negativen Zusammenhang zwischen dem Erfrischungsgetränkeverzehr und der Proteinzufuhr, bei der eine anabole Wirkung auf den Knochen beobachtet wurde, beruhen. Allerdings wurde der negative Effekt des Verzehrs koffeinhaltiger Erfrischungsgetränke auf den Knochenstatus im Gegensatz zu den nicht-koffeinhaltigen Erfrischungsgetränken nicht vollständig durch den Zusammenhang mit der Proteinzufuhr vermittelt.

Die Ergebnisse der vorliegenden Auswertung bestätigten die Vermutung, dass Erfrischungsgetränke die Milch aus der Ernährung von Kindern und Jugendlichen verdrängen. Eine solche Entwicklung wurde bereits in einigen anderen Studien beobachtet [8, 25-27]. Besonders der in dieser Auswertung der DONALD Studie beobachtete vergleichsweise geringe langfristige Milchverzehr von Probanden in der Pubertätsgruppe könnte bedenklich sein, da Milch die wichtigste Kalziumquelle in der Ernährung von Kindern ist [28, 29]. Die Verdrängung der Milch aus der Ernährung von Kindern und die damit einhergehende Verschlechterung der Kalziumversorgung wird oftmals als ein Hauptfaktor angegeben, der den negativen Effekt der Erfrischungsgetränke auf den Knochenstatus vermitteln könnte [11, 12, 30, 31]. Interessanterweise war in unserer Auswertung die Größe des Effektes auf die verschiedenen Knochenparameter pro 100 g bei Erfrischungsgetränken und Milch ähnlich. Allerdings war der Milchverzehr nur mit dem SSI signifikant assoziiert und nicht mit den übrigen Knochenparametern. Auch die Adjustierung für den Milchverzehr in Modell 2 schwächte den Zusammenhang zwischen dem Erfrischungsgetränkeverzehr und den verschiedenen Knochenparametern nur leicht ab. Ebenso hatte die Berücksichtigung der langfristigen Kalziumzufuhr in Modell 3 keine nennenswerte Wirkung auf die Signifikanzlevel.

Diese Ergebnisse bestätigen Beobachtungen einer Studie von McGartland et al., in der nach Adjustierung für den Milchverzehr der Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und der Knochendichte von Mädchen zwar abgeschwächt wurde, aber weiterhin signifikant war [9]. Daher scheint die Verdrängung der Milch aus der Ernährung von Kindern und Jugendlichen nur ein Faktor zu sein, durch den es zu einer katabolen Wirkung des Erfrischungsgetränkeverzehrs auf die Knochen kommen könnte.

Ein weiterer diskutierter Wirkmechanismus ist die mit dem Verzehr von Erfrischungsgetränken in Verbindung gebrachte Säurelast [13]. Bekannt ist, dass die ernährungsbedingte Säurelast aufgrund der Stimulierung der Osteoklasten positiv mit der Knochenresorption [32,

33] und negativ mit der Knochenmineraldichte assoziiert ist [23, 33]. Tatsächlich wurden in der vorliegenden Auswertung der DONALD Studie im Durchschnitt positive langfristige PRAL-Werte festgestellt, die damit einen Säureüberschuss der Ernährung widerspiegeln. Allerdings waren die berechneten PRAL-Werte eines marktüblichen Colagetränkes mit 0,21 mEq pro 100 g eher moderat. Da der durchschnittliche Verzehr von Erfrischungsgetränken insgesamt zwischen 120 und 250 g pro Tag lag, wären Erfrischungsgetränke für nur 3 bis 4,5 % der durchschnittlichen langfristigen PRAL-Werte verantwortlich. In der vorliegenden Auswertung wurde keine signifikante Assoziation zwischen der Veränderung des Verzehrs von Erfrischungsgetränken und der Veränderung der PRAL beobachtet. Da außerdem die Assoziation zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und den Knochenparametern auch nach Adjustierung für PRAL signifikant blieb, scheint die vermutete Erhöhung der Säurelast nicht für den Effekt der Erfrischungsgetränke auf den Knochenstatus verantwortlich zu sein.

Die Ergebnisse der DONALD Studie bestätigen den negativen Zusammenhang zwischen dem Erfrischungsgetränkeverzehr und der Proteinzufuhr, der auch in verschiedenen anderen Studien beobachtet wurde [26, 30, 34-36]. Bei ausreichender Zufuhr von Kalzium und alkalisierenden Mineralstoffen wurde sowohl bei Kindern und Jugendlichen [23] als auch bei Erwachsenen [37] eine anabole Wirkung von Protein auf den Knochen beobachtet. Auch in der Auswertung der DONALD Studie war ein Großteil der zuvor beobachteten Assoziationen zwischen dem Erfrischungsgetränkeverzehr und den verschiedenen Knochenparametern nach Adjustierung für die langfristige Proteinzufuhr nicht mehr signifikant. Daher scheint der inverse Zusammenhang zwischen Proteinzufuhr und Erfrischungsgetränkeverzehr zu einem großen Teil für die katabole Wirkung von Erfrischungsgetränken auf den Knochen verantwortlich zu sein. Allerdings waren die Effekte der koffeinhaltigen Erfrischungsgetränke auch nach Adjustierung für die langfristige Proteinzufuhr weiterhin signifikant. Ein weiterer Unterschied beim Vergleich von koffeinhaltigen und nicht-koffeinhaltigen Erfrischungsgetränken war, dass nur der Verzehr koffeinhaltiger Erfrischungsgetränke mit dem periostealen Umfang assoziiert war. Im Gegensatz zu nicht-koffeinhaltigen Erfrischungsgetränken, bei denen Zitronensäure als Säuerungsmittel zugesetzt wird, enthalten koffeinhaltige Erfrischungsgetränke in erster Linie Phosphorsäure. Während der Zusatz von Phosphorsäure zu einer Erhöhung der PRAL-Werte von Lebensmitteln führt, hat die Verwendung organischer Säuren wie Zitronensäure, die vollständig zu Wasser und Kohlendioxid oxidiert werden, keinen Einfluss auf die PRAL-Werte [18]. Da in unserer Auswertung allerdings für PRAL adjustiert wurde, scheint der Phosphorsäuregehalt nicht die Ursache für

die beobachteten Unterschiede in der Wirkung der beiden Kategorien von Erfrischungsgetränken auf die Knochenvariablen zu sein. Diese Ergebnisse werden auch von Heaney & Rafferty bestätigt, die beim Vergleich von Erfrischungsgetränken mit Phosphorsäure beziehungsweise Zitronensäure im Rahmen einer 5-wöchigen Interventionsperiode bei Frauen im Alter von 20 bis 40 Jahren keinen Unterschied bezüglich der Kalziurie feststellten [12].

Allerdings beobachteten die Autoren eine erhöhte Kalziumausscheidung nach dem Verzehr koffeinhaltiger Erfrischungsgetränke, jedoch nicht nach dem Verzehr nicht-koffeinhaltiger Erfrischungsgetränke. Auch in anderen Studien wurden Unterschiede in der Wirkung koffeinhaltiger und nicht-koffeinhaltiger Getränke beobachtet [10, 14, 38]. Im Gegensatz zur Auswertung der DONALD Studie hatten nicht-koffeinhaltige Erfrischungsgetränke in diesen Studien keinerlei Effekt auf die Knochenvariablen. In einer weiteren Studie wurde dagegen nur bei nicht-koffeinhaltigen Erfrischungsgetränken eine Assoziation mit dem Knochen beobachtet [9]. Sollten Unterschiede in der Wirkung von koffeinhaltigen und nicht-koffeinhaltigen Erfrischungsgetränken vorhanden sein, könnten diese möglicherweise durch weitere Inhaltsstoffe, die neben Phosphorsäure für diese Getränke spezifisch sind, erklärt werden. Diskutiert wird eine direkte Wirkung von Koffein [14] und dem Colaextrakt [10]. Allerdings sind die Ergebnisse zur Wirkung von Koffein auf den Knochen nicht eindeutig. Studien an jungen Frauen zeigten keine Wirkung der selbstangegebene Koffeinzufuhr auf die Knochen-dichte [39, 40]. Im Rahmen einer Übersichtsarbeit schlussfolgerte Heaney, dass zur Zeit keinerlei Evidenz für eine negative Wirkung von Koffein auf den Knochenstatus bei ausreichender Kalziumzufuhr besteht [41].

Eine andere Erklärung für die in der DONALD Studie und weiteren Studien beobachteten Unterschiede in der Wirkung koffeinhaltiger und nicht-koffeinhaltiger Erfrischungsgetränke könnte ein spezifischer Lebensstil von Cola-Konsumenten sein. Für diesen Lebensstil könnte eine schlechte Ernährungsqualität mit einer unzureichenden Zufuhr von knochenrelevanten Mikronutrienten wie Vitamin D, Magnesium und Zink oder eine überwiegend inaktive Lebensweise charakteristisch sein. Trotz der in unserer Auswertung indirekt vorgenommenen Adjustierung für die körperliche Aktivität durch die Verwendung der Muskelfläche des Unterarms als Co-Variable könnte möglicherweise der Einfluss einer überwiegend inaktiven Lebensweise nicht vollständig berücksichtigt worden sein. Daher kann zu diesem Zeitpunkt die Ursache für die beobachteten Unterschiede in der Wirkung von koffeinhaltigen und nicht-koffeinhaltigen Erfrischungsgetränken auf den Knochenmetabolismus nicht abschließend aufgeklärt werden.

In der vorliegenden Auswertung der DONALD Studie wurde kein Einfluss des Geschlechts auf die Wirkung von Erfrischungsgetränken auf die Knochenvariablen beobachtet. Im Gegensatz dazu wurde eine knochenkatabole Wirkung in einigen anderen Studien nur bei Mädchen und Frauen festgestellt [8-10, 38]. Eine Hypothese, warum ein Effekt nur bei Frauen auftreten könnte, ist ein vermuteter Zusammenhang mit der individuellen Kalziumzufuhr [11]. Da Mädchen durchschnittlich eine geringere Kalziumzufuhr haben als Jungen, könnte ein Effekt der Erfrischungsgetränke möglicherweise erst bei Unterschreitung eines Grenzwertes für die Kalziumzufuhr eintreten. Unsere Ergebnisse geben allerdings keinen Hinweis für eine Abhängigkeit des Effektes von Erfrischungsgetränken von der Kalziumzufuhr. Möglicherweise ist die Gefahr eines knochenkatabolen Effektes der Erfrischungsgetränke bei Mädchen besonders groß, allerdings kann ein Effekt zum jetzigen Zeitpunkt auch bei Jungen nicht ausgeschlossen werden.

Bei der Interpretation der Ergebnisse müssen neben den allgemeinen Schwächen der DONALD Studie (siehe Kapitel 8) einige spezifischen Stärken und Schwächen der Auswertung berücksichtigt werden. Bei jedem Probanden wurde jeweils nur zu einem Zeitpunkt eine pQCT-Messung durchgeführt, wodurch eine Längsschnittanalyse des Zusammenhanges zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und der Knochenentwicklung nicht möglich war. Die Ergebnisse können daher nur einen Hinweis auf Assoziationen zwischen dem Erfrischungsgetränkeverzehr und dem Knochenstatus liefern. Zum Nachweis eines kausalen Zusammenhanges zwischen dem Erfrischungsgetränkeverzehr und knochenkatabolen Effekten wären Längsschnittanalysen notwendig. Eine weitere Schwäche unserer Auswertung sind die fehlenden Informationen zur körperlichen Aktivität der Probanden. Allerdings konnte durch die in der pQCT-Messung gemessene Muskelfläche des Unterarms indirekt für die körperliche Aktivität adjustiert werden. Die Verwendung der pQCT-Methode zur Messung der Knochenvariablen ist eine Stärke der Auswertung. Im Vergleich zur Messung mittels Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) weist die pQCT-Messung eine höhere Sensitivität bezüglich der Knochenqualität bei Kindern auf und liefert somit valide Indikatoren für das Knochenbruchrisiko [42, 43]. Eine weitere Stärke unserer Auswertung ist die Berücksichtigung der langfristigen Ernährungsdaten zur Charakterisierung des individuellen Getränkeverzehrs anstelle einer einmaligen Ernährungserhebung verwendet. Auf diese Weise kann das individuelle Ernährungsverhalten genauer festgestellt werden.

7.6. Schlussfolgerung

Der Verzehr von koffeinhaltigen und nicht-koffeinhaltigen Erfrischungsgetränken war bei Jungen und Mädchen negativ mit Parametern des Modeling und Remodeling der Knochen

assoziiert. Diese Assoziation scheint in erster Linie auf dem negativen Zusammenhang mit der langfristigen Proteinzufuhr zu beruhen und nicht auf der Verdrängung der Milch aus der Ernährung der Kinder. Der negative Zusammenhang des Erfrischungsgetränkeverzehr mit dem Knochenmineralgehalt und dem SSI könnte das Risiko für Knochenbrüche in der Kindheit und für Osteoporose im späteren Leben erhöhen.

Literatur

- [1] Hernandez JL, Olmos JM, Alonso MA, Gonzalez-Fernandez CR, Martinez J, Pajaron M, Llorca J, Gonzalez-Macias J (2006): Trend in hip fracture epidemiology over a 14-year period in a Spanish population. *Osteoporos Int*; **17**(3): 464-470.
- [2] Liel Y, Castel H, Alkalay D (2005): Marked secular increase in the incidence rates of osteoporotic hip fractures in women and men in southern Israel. *Isr Med Assoc J*; **7**(11): 708-711.
- [3] Teegarden D, Proulx WR, Martin BR, Zhao J, McCabe GP, Lyle RM, Peacock M, Slemenda C, Johnston CC, Weaver CM (1995): Peak bone mass in young women. *J Bone Miner Res*; **10**(5): 711-715.
- [4] Loud KJ, Gordon CM (2006): Adolescent bone health. *Arch Pediatr Adolesc Med*; **160**(10): 1026-1032.
- [5] Bachrach LK (2007): Consensus and controversy regarding osteoporosis in the pediatric population. *Endocr Pract*; **13**(5): 513-520.
- [6] Dontas IA, Yiannakopoulos CK (2007): Risk factors and prevention of osteoporosis-related fractures. *J Musculoskelet Neuronal Interact*; **7**(3): 268-272.
- [7] Faulkner RA, Bailey DA (2007): Osteoporosis: a pediatric concern? *Med Sport Sci*; **51**: 1-12.
- [8] Whiting SJ, Healey A, Psiuk S, Mirwald R, Kowalski K, Bailey DA (2001): Relationship between carbonated and other low nutrient dense beverages and bone mineral content of adolescents. *Nutrition Research*; **21**: 1107-1115.
- [9] McGartland C, Robson PJ, Murray L, Cran G, Savage MJ, Watkins D, Rooney M, Boreham C (2003): Carbonated soft drink consumption and bone mineral density in adolescence: the Northern Ireland Young Hearts project. *J Bone Miner Res*; **18**(9): 1563-1569.
- [10] Tucker KL, Morita K, Qiao N, Hannan MT, Cupples LA, Kiel DP (2006): Colas, but not other carbonated beverages, are associated with low bone mineral density in older women: The Framingham Osteoporosis Study. *Am J Clin Nutr*; **84**(4): 936-942.
- [11] Whiting SJ, Vatanparast H, Baxter-Jones A, Faulkner RA, Mirwald R, Bailey DA (2004): Factors that affect bone mineral accrual in the adolescent growth spurt. *J Nutr*; **134**(3): 696S-700S.
- [12] Heaney RP, Rafferty K (2001): Carbonated beverages and urinary calcium excretion. *Am J Clin Nutr*; **74**(3): 343-347.
- [13] Ogur R, Uysal B, Ogur T, Yaman H, Oztas E, Ozdemir A, Hasde M (2007): Evaluation of the effect of cola drinks on bone mineral density and associated factors. *Basic Clin Pharmacol Toxicol*; **100**(5): 334-338.
- [14] Hernandez-Avila M, Stampfer MJ, Ravnkar VA, Willett WC, Schiff I, Francis M, Longcope C, McKinlay SM, Longscope C (1993): Caffeine and other predictors of bone density among pre- and perimenopausal women. *Epidemiology*; **4**(2): 128-134.
- [15] Ma D, Jones G (2004): Soft drink and milk consumption, physical activity, bone mass, and upper limb fractures in children: a population-based case-control study. *Calcif Tissue Int*; **75**(4): 286-291.
- [16] Vartanian LR, Schwartz MB, Brownell KD (2007): Effects of soft drink consumption on nutrition and health: a systematic review and meta-analysis. *Am J Public Health*; **97**(4): 667-675.
- [17] Libuda L, Alexy U, Buyken AE, Sichert-Hellert W, Stehle P, Kersting M (2008): Consumption of soft drinks and the association with diet quality in German children and adolescents. *Br J Nutr*: under review.

- [18] Remer T, Dimitriou T, Manz F (2003): Dietary potential renal acid load and renal net acid excretion in healthy, free-living children and adolescents. *Am J Clin Nutr*; **77**(5): 1255-1260.
- [19] Remer T, Manz F (1994): Estimation of the renal net acid excretion by adults consuming diets containing variable amounts of protein. *Am J Clin Nutr*; **59**(6): 1356-1361.
- [20] Schoenau E, Neu CM, Rauch F, Manz F (2001): The development of bone strength at the proximal radius during childhood and adolescence. *J Clin Endocrinol Metab*; **86**(2): 613-618.
- [21] Specker BL (2006): Influence of rapid growth on skeletal adaptation to exercise. *J Musculoskelet Neuronal Interact*; **6**(2): 147-153.
- [22] Kromeyer-Hauschild K WM, Kunze D, Geller F, Geiss HC, Hesse V, von Hippel A, Jaeger U, Johnsen D, Korte W, Menner K, Mueller G, Mueller JM, Niemann-Pilatus A, Remer T, Schaefer F, Wittchen H-U, Zabransky S, Zellner K, Ziegler A, Hebebrand J. (2001): [Percentiles of body mass index in children and adolescents evaluated from different regional German studies] In German. *Monatsschrift Kinderheilkd*; **149**: 807-818.
- [23] Alexy U, Remer T, Manz F, Neu CM, Schoenau E (2005): Long-term protein intake and dietary potential renal acid load are associated with bone modeling and remodeling at the proximal radius in healthy children. *Am J Clin Nutr*; **82**(5): 1107-1114.
- [24] Institute of Medicine, Food and Nutrition Board ed. Dietary reference intakes of calcium, phosphorus, magnesium, vitamin d, and fluoride. 1999, National Academic Press: Washington, D.C.
- [25] Blum JW, Jacobsen DJ, Donnelly JE (2005): Beverage consumption patterns in elementary school aged children across a two-year period. *J Am Coll Nutr*; **24**(2): 93-98.
- [26] Mrdjenovic G, Levitsky DA (2003): Nutritional and energetic consequences of sweetened drink consumption in 6- to 13-year-old children. *J Pediatr*; **142**(6): 604-610.
- [27] Marshall TA, Eichenberger Gilmore JM, Broffitt B, Stumbo PJ, Levy SM (2005): Diet quality in young children is influenced by beverage consumption. *J Am Coll Nutr*; **24**(1): 65-75.
- [28] Nitzan Kaluski D, Basch CE, Zybert P, Deckelbaum RJ, Shea S (2001): Calcium intake in preschool children--a study of dietary patterns in a low socioeconomic community. *Public Health Rev*; **29**(1): 71-83.
- [29] Subar AF, Krebs-Smith SM, Cook A, Kahle LL (1998): Dietary sources of nutrients among US children, 1989-1991. *Pediatrics*; **102**(4 Pt 1): 913-923.
- [30] Harnack L, Stang J, Story M (1999): Soft drink consumption among US children and adolescents: nutritional consequences. *J Am Diet Assoc*; **99**(4): 436-441.
- [31] Fitzpatrick L, Heaney RP (2003): Got soda? *J Bone Miner Res*; **18**(9): 1570-1572.
- [32] Macdonald HM, New SA, Fraser WD, Campbell MK, Reid DM (2005): Low dietary potassium intakes and high dietary estimates of net endogenous acid production are associated with low bone mineral density in premenopausal women and increased markers of bone resorption in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr*; **81**(4): 923-933.
- [33] New SA, MacDonald HM, Campbell MK, Martin JC, Garton MJ, Robins SP, Reid DM (2004): Lower estimates of net endogenous non-carbonic acid production are positively associated with indexes of bone health in premenopausal and perimenopausal women. *Am J Clin Nutr*; **79**(1): 131-138.

- [34] Kant AK (2003): Reported consumption of low-nutrient-density foods by American children and adolescents: nutritional and health correlates, NHANES III, 1988 to 1994. *Arch Pediatr Adolesc Med*; **157**(8): 789-796.
- [35] Farris RP, Nicklas TA, Myers L, Berenson GS (1998): Nutrient intake and food group consumption of 10-year-olds by sugar intake level: the Bogalusa Heart Study. *J Am Coll Nutr*; **17**(6): 579-585.
- [36] Davy BM, Harrell K, Stewart J, King DS (2004): Body weight status, dietary habits, and physical activity levels of middle school-aged children in rural Mississippi. *South Med J*; **97**(6): 571-577.
- [37] Vatanparast H, Bailey DA, Baxter-Jones AD, Whiting SJ (2007): The effects of dietary protein on bone mineral mass in young adults may be modulated by adolescent calcium intake. *J Nutr*; **137**(12): 2674-2679.
- [38] Wyshak G, Frisch RE (1994): Carbonated beverages, dietary calcium, the dietary calcium/phosphorus ratio, and bone fractures in girls and boys. *J Adolesc Health*; **15**(3): 210-215.
- [39] Wetmore CM, Ichikawa L, Lacroix AZ, Ott SM, Scholes D (2008): Association between caffeine intake and bone mass among young women: potential effect modification by depot medroxyprogesterone acetate use. *Osteoporos Int*; **19**(4): 519-527.
- [40] Conlisk AJ, Galuska DA (2000): Is caffeine associated with bone mineral density in young adult women? *Prev Med*; **31**(5): 562-568.
- [41] Heaney RP (2002): Effects of caffeine on bone and the calcium economy. *Food Chem Toxicol*; **40**(9): 1263-1270.
- [42] Leonard MB (2007): A structural approach to the assessment of fracture risk in children and adolescents with chronic kidney disease. *Pediatr Nephrol*; **22**(11): 1815-1824.
- [43] Fewtrell MS (2003): Bone densitometry in children assessed by dual x ray absorptiometry: uses and pitfalls. *Arch Dis Child*; **88**(9): 795-798.

8. Zusammenfassende Diskussion

Gemäß dem Präventionskonzept der Optimalen Mischkost sollten Kinder und Jugendliche Erfrischungsgetränke nur sparsam und Fruchtsäfte nur mäßig verzehren [1, 2]. Diese Empfehlung beruht in erster Linie auf der Hypothese, dass die Energiezufuhr über Getränke nur unzureichend durch eine Reduktion der Energiezufuhr aus festen Lebensmitteln kompensiert wird [3, 4]. Damit würde der Verzehr von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften zu einer Steigerung der Gesamtenergiezufuhr führen, wodurch ein Ungleichgewicht in der Energiebilanz entstehen könnte. Langfristig könnte der Verzehr von energiereichen Getränken damit zu einer Gewichtszunahme und zu einem steigenden Übergewichtsrisiko beitragen.

In Studien in den USA wurde ein Zusammenhang mit dem Körpergewicht in erster Linie für den Verzehr von Erfrischungsgetränken beziehungsweise Softdrinks festgestellt [5-10]. Da Erfrischungsgetränke zudem die Milch als nährstoffreiches Getränk aus der Ernährung von Kindern und Jugendlichen zu verdrängen scheinen [11], wird der Verzehr von Erfrischungsgetränken auch mit einer schlechteren Ernährungsqualität und Knochenentwicklung in Verbindung gebracht. Durch den beobachteten starken Anstieg des durchschnittlichen Verzehrs von Erfrischungsgetränken bei Kindern und Jugendlichen in den USA [12, 13] stieg auch die klinische Relevanz der möglichen gesundheitlichen Folgen. Angesichts der beobachteten Auswirkungen des Verzehrs von Erfrischungsgetränken wird in einer Metaanalyse eine Einschränkung des gegenwärtigen Verzehrs empfohlen [11].

Diese Empfehlung beruht allerdings auf den Ergebnissen US-amerikanischer Studien. Für Kinder und Jugendliche in Deutschland bestand bislang keine Evidenz für diese Empfehlung, da die Studienergebnisse aus den USA aufgrund von Unterschieden in der Getränkezusammensetzung, dem Ernährungsverhalten und anderen Lebensstilfaktoren nicht zwangsläufig übertragbar sind. Die vorliegenden Ergebnisse der DONALD Studie bestätigen die vermuteten Auswirkungen des Konsums von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland.

In **Kapitel 3** wurde zunächst anhand der Untersuchung der **langfristigen Getränkeverzehrsmuster** gezeigt, dass Erfrischungsgetränke und auch Fruchtsäfte von Kindern und Jugendlichen in Deutschland häufig getrunken werden. Jungen im Alter von 9 bis 18 Jahren verzehrten durchschnittlich etwa 600 g dieser energiereichen Getränke pro Tag (9,8 % der täglichen Gesamtenergie). Bei Mädchen lag der Verzehr bei etwa 440 g pro Tag (9,3 % der

täglichen Gesamtenergie). Obwohl besonders bei Erfrischungsgetränken die hohen Verzehrsmengen von Kindern und Jugendlichen aus den USA [14] nicht erreicht werden, deckt allein der Verzehr von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften die Höchstmenge der sogenannten „geduldeten“ Lebensmittel (zusammen 10 % der Gesamtenergie) im Präventionskonzept der Optimierten Mischkost ab.

Die kürzlich veröffentlichten Daten der bundesweiten EsKiMo-Studie an insgesamt 2400 Kindern und Jugendlichen im Alter von 6 bis 17 Jahren bestätigen die Ergebnisse der DONALD Studie [15]. In der EsKiMo-Studie machten Erfrischungsgetränke und Säfte insgesamt bei Kindern zwischen 6 und 11 Jahren im Mittel 46 % der Gesamtgetränkeaufnahme aus. Für Jugendliche lag der Anteil bei Jungen bei 44 % und bei Mädchen bei 38 %. Der Anstieg des Pro-Kopf-Verbrauchs von Erfrischungsgetränken in Deutschland im Jahr 2006 um 3,6 % gegenüber dem Vorjahr weist zudem auf eine zunehmende Beliebtheit von Erfrischungsgetränken hin [16]. Daher können auch bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland mögliche Auswirkungen des Verzehrs von Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften klinisch relevant sein.

In **Kapitel 4** wurde bei Kindern und Jugendlichen in ihrem natürlichen Umfeld die aufgrund von experimentellen Studien vermutete unzureichende **Kompensation der Energieaufnahme** aus Getränken durch eine Reduktion der Energieaufnahme aus festen Lebensmitteln bestätigt. Zwar wurde bei einem Anstieg der Energiezufuhr über Erfrischungsgetränke und Fruchtsäfte um 1 MJ ein signifikanter Rückgang der restlichen Energiezufuhr um 0,28 MJ bei Jungen und 0,27 MJ bei Mädchen beobachtet, bei einer vollständigen Kompensation wäre allerdings ein Rückgang der restlichen Energiezufuhr von 1 MJ pro MJ zu erwarten gewesen. Die Ergebnisse dieser longitudinalen Analyse wurden durch Querschnittsanalysen im selben Kollektiv bestätigt, in denen zu jedem Zeitpunkt im 5-jährigen Untersuchungszeitraum die Assoziation zwischen der Energiezufuhr aus Getränken und der restlichen Energiezufuhr untersucht wurde. Insgesamt zeigten die Querschnittsanalysen keine Korrelation zwischen den beiden Faktoren. Probanden mit einem hohem Verzehr energiereicher Getränke nahmen also nicht weniger Energie aus den restlichen Lebensmitteln auf als solche mit niedrigem Verzehr energiereicher Getränke.

Eine unzureichende Energiekompensation nach dem Verzehr von energiereichen Getränken wurde auch in einer Metaanalyse von Daten aus experimentellen Studien festgestellt [3]. Allerdings zeigte der Vergleich der Ergebnisse dieser Studien eine starke Variation des Grades der beobachteten Energiekompensation. Bislang ist auch der Mechanismus, der zu einer geringeren Kompensation der Energie aus Getränken im Vergleich zu festen

Lebensmitteln führen könnte, nicht eindeutig geklärt. Es wird vermutet, dass Flüssigkeiten aufgrund einer im Vergleich zu fester Nahrung kürzeren Verweildauer im Gastrointestinaltrakt eine geringere Sättigungswirkung aufweisen [3, 17].

Die Unterschiede in den Studienergebnissen deuten darauf hin, dass das Ausmaß der Energiekompensation möglicherweise durch äußere Faktoren beeinflusst werden könnte. Es wird vermutet, dass der Zeitpunkt, an dem ein energiehaltiges Getränk verzehrt wird, einen Einfluss auf das Ausmaß der Energiekompensation haben könnte [4, 18]. Demnach scheint eine unzureichende Kompensation besonders dann aufzutreten, wenn energiehaltige Getränke zwischen den Mahlzeiten verzehrt werden. Bei einem Verzehr zu den Mahlzeiten oder kurz davor wird eine genauere Kompensation beobachtet. Ein weiterer möglicher Einflussfaktor könnte das Alter der Probanden sein. So scheinen junge Kinder die Energiezufuhr über Getränke genauer zu kompensieren als ältere [19]. In einer Studie bei 2- bis 5-jährigen Kindern wurde sogar eine vollständige Energiekompensation beobachtet [20].

In Anbetracht der vorliegenden Ergebnisse der DONALD Studie und der Erkenntnisse aus experimentellen Studien ist es wahrscheinlich, dass der Verzehr von energiehaltigen Getränken zu einer Steigerung der Gesamtenergiezufuhr führt. Besonders bei älteren Kindern und Jugendlichen könnte der Verzehr von energiehaltigen Getränken somit zu einem Ungleichgewicht in der Energiebilanz beitragen. Die Steigerung der Gesamtenergiezufuhr könnte daher ein plausibler Mechanismus sein, durch den der Verzehr von energiehaltigen Getränken zu einer Steigerung des Körpergewichts führt.

Anhand der Untersuchungen zum **Körpergewichtsstatus** in **Kapitel 5** wurde gezeigt, dass ein steigender Verzehr von energiehaltigen Getränken in einem Zeitraum von 5 Jahren bei Mädchen mit einem gleichzeitigen Anstieg des BMI-SDS assoziiert war. Bei Mädchen stieg der BMI-SDS im Untersuchungszeitraum für jedes zusätzlich verzehrte MJ energiehaltiger Getränke um 0,070 Einheiten. Die getrennte Berücksichtigung von regulären Erfrischungsgetränken und Fruchtsäften zeigte, dass bei Fruchtsäften eine Steigerung des Verzehrs um 1 MJ mit einer Steigerung des BMI-SDS um 0,096 Einheiten assoziiert war. Für die Veränderung des Erfrischungsgetränkeverzehrs wurde nur ein positiver Trend beobachtet (+0,055 Einheiten des BMI-SDS pro MJ Anstieg des Verzehrs von Erfrischungsgetränken).

Bei Jungen wurde nur ein Querschnittszusammenhang bei der ersten Untersuchung zwischen dem Verzehr von Fruchtsäften und dem BMI-SDS festgestellt. Die Veränderung des Verzehrs der verschiedenen Getränkegruppen war bei Jungen nicht mit einer Veränderung des BMI-SDS verbunden. Möglicherweise könnte bei Jungen der im Vergleich zu den Mädchen stärkere pubertätsbedingte Anstieg des Energiebedarfs einen möglichen Effekt des Verzehrs

von Erfrischungsgetränken und energiereichen Getränken auf den Körpergewichtsstatus verdeckt haben. Auch mögliche geschlechtsspezifische Unterschiede in der körperlichen Aktivität könnten dafür verantwortlich sein, dass nur bei Mädchen ein Zusammenhang mit dem BMI-SDS beobachtet wurde. Allerdings kann vermutet werden, dass der Verzehr von energiereichen Getränken nach der Pubertät auch bei Jungen aufgrund des in Kapitel 4 festgestellten Anstiegs der Gesamtenergiezufuhr längerfristig zu einer Gewichtszunahme führen könnte.

Insgesamt weisen diese Ergebnisse der DONALD Studie darauf hin, dass der Verzehr von energiereichen Getränken zumindest bei Mädchen das Übergewichtsrisiko steigern könnte. Der in Kapitel 3 festgestellte niedrigere durchschnittliche Verzehr von Erfrischungsgetränken in der DONALD Studie im Vergleich zu Kindern und Jugendlichen in den USA könnte eine Erklärung sein, warum der Verzehr von Erfrischungsgetränken als einzelne Variable bei Mädchen nur tendenziell mit dem BMI-SDS assoziiert war.

Neben der unzureichenden Energiekompensation nach dem Verzehr von energiereichen Erfrischungsgetränken (siehe Kapitel 4) werden weitere Mechanismen diskutiert, die eine mögliche adipogene Wirkung von Erfrischungsgetränken verursachen könnten. In einigen US-amerikanischen Studien wurde vermutet, dass die Verwendung von HFCS als Zuckersatz in US-amerikanischen Erfrischungsgetränken zumindest zum Teil für diese Wirkung verantwortlich sein könnte [21]. Im Gegensatz zu US-amerikanischen Erfrischungsgetränken wird diesen Getränken in Europa Saccharose als Zucker zugesetzt [22]. Im Tierversuch wurde bei Gabe von Erfrischungsgetränken mit HFCS im Vergleich zu saccharosehaltigen Getränken eine stärkere Gewichtszunahme beobachtet [23]. Erklärt wird die stärkere adipogene Wirkung von HFCS durch den vermeintlich hohen Fruktoseanteil. Durch die insulinunabhängige Aufnahme der Fruktose in Leberzellen soll eine verstärkte Fettsäuresynthese verursacht werden, die letztlich zu einer Speicherung von Triglyceriden im peripheren Fettgewebe führen soll [24, 25]. Man vermutet außerdem, dass der Verzehr von Fruktose aufgrund der fehlenden Ausschüttung von Insulin im Vergleich zu Glukose weniger sättigend wirkt.

Der relative Anteil der Fruktose an den enthaltenen Kohlenhydraten ist bei US-amerikanischen und deutschen Erfrischungsgetränken mit 55 % beziehungsweise 50 % ähnlich, allerdings liegt Fruktose in deutschen Erfrischungsgetränken in gebundener Form als Saccharose vor. Aufgrund des niedrigen pH-Wertes von Erfrischungsgetränken folgern einige Autoren, dass die enthaltene Saccharose in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Temperatur in ihre Monomere gespalten wird (saure Hydrolyse) [26, 27]. Somit würde auch

in Erfrischungsgetränken mit Saccharosezusatz Fruktose in ungebundener Form vorliegen. Allerdings ist die Datenlage unzureichend, um beurteilen zu können, ob und in welchem Ausmaß diese Reaktion in Erfrischungsgetränken unter üblichen Bedingungen stattfindet, da die saure Hydrolyse von Kohlenhydraten im Normalfall bei einem sehr niedrigen pH-Wert und hohen Temperaturen abläuft.

Zum jetzigen Zeitpunkt kann daher nicht beurteilt werden, ob die Verwendung von HFCS in Erfrischungsgetränken neben der unzureichenden Energiekompensation einen zusätzlichen Effekt auf das Körpergewicht haben könnte und damit US-amerikanische Erfrischungsgetränke möglicherweise stärker adipogen wirken als deutsche beziehungsweise europäische Erfrischungsgetränke. Die Ergebnisse der DONALD Studie haben allerdings gezeigt, dass nicht allein der Verzehr von Erfrischungsgetränken, sondern von energiereichen Getränken insgesamt (also Erfrischungsgetränke und Fruchtsäfte) als ein möglicher Risikofaktor für die Übergewichtsentstehung bei Kindern und Jugendlichen in Betracht gezogen werden sollte.

In **Kapitel 6** wurde bei Jungen und Mädchen im Alter von 2 bis 19 Jahren eine negative Assoziation zwischen dem Verzehr von regulären Erfrischungsgetränken und der Zufuhr verschiedener Mikronutrienten beobachtet, wodurch der Verzehr dieser Getränke zu einer Verschlechterung der **Ernährungsqualität** führte. Besonders bemerkenswert war der negative Effekt auf die Folat- und Kalziumzufuhr bei Mädchen aufgrund der in verschiedenen Altersklassen bereits niedrigen durchschnittlichen Zufuhr.

Insgesamt war die negative Assoziation zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und der Ernährungsqualität bei Mädchen stärker als bei Jungen. Allerdings wurde bei Jungen eine starke negative Assoziation zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und der Nährstoffdichte beobachtet. Daher kann vermutet werden, dass Erfrischungsgetränke bei Jungen andere Lebensmittel nicht im gleichen Maße verdrängen wie bei Mädchen, sondern eher zusätzlich getrunken werden. Durch die zusätzlich aufgenommene Energie verstärkt sich bei der Nährstoffdichte im Vergleich zur absoluten Nährstoffzufuhr der negative Zusammenhang. Bei Jungen waren daher besonders der negative Effekt des Verzehrs von Erfrischungsgetränken auf die Nährstoffdichte, der Anstieg der Gesamtenergiezufuhr und die daraus resultierenden Folgen für die Energiebilanz bedenklich.

Bislang wurde der Effekt des Verzehrs von Erfrischungsgetränken auf die Ernährungsqualität bei Kindern und Jugendlichen nur in wenigen Studien und in erster Linie in Querschnittserhebungen untersucht [28-31]. Die Ergebnisse dieser Studien bestätigen insgesamt den in der vorliegenden Auswertung beobachteten Zusammenhang. In einer dieser Studien schlussfolgerten die Autoren, dass die Ernährungsqualität bei Kindern generell von

einem Verzicht auf Erfrischungsgetränke profitieren kann [28]. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der DONALD Studie könnte diese Schlussfolgerung zumindest bei Mädchen auch auf die Altersgruppe der Jugendlichen ausgeweitet werden. In der vorliegenden Auswertung blieb die negative Assoziation mit der Nährstoffzufuhr bei Mädchen im Gegensatz zu Jungen auch in der Jugend signifikant negativ. Da sich die durchschnittliche Ernährungsqualität bei Mädchen mit zunehmendem Alter verschlechterte, könnte ein hoher Erfrischungsgetränkeverzehr in Hinsicht auf die Ernährungsqualität bei jugendlichen Mädchen besonders relevant sein.

In **Kapitel 7** wurde eine negative Assoziation zwischen dem langfristigen Verzehr verschiedener Kategorien von Erfrischungsgetränken und **Parametern des Modeling und Remodeling der Knochen** bei Kindern und Jugendlichen nachgewiesen. Es wurde beobachtet, dass diese Assoziation vor allem auf dem negativen Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und der Proteinzufuhr beruhte, für die in dieser Auswertung eine anabole Wirkung auf den Knochen festgestellt wurde. Der negative Effekt des Verzehrs koffeinhaltiger Erfrischungsgetränke auf die Knochenparameter wurde allerdings im Gegensatz zu den nicht-koffeinhaltigen Erfrischungsgetränken nicht vollständig durch den Zusammenhang mit der Proteinzufuhr erklärt.

In der vorliegenden Auswertung wurde die Beobachtung anderer Studien bestätigt, dass Erfrischungsgetränke Milch aus der Ernährung von Kindern und Jugendlichen verdrängen [31-34]. Die damit einhergehende Verschlechterung der Kalziumversorgung wird oftmals als ein Hauptfaktor aufgeführt, der den negativen Effekt der Erfrischungsgetränke auf den Knochenstatus vermitteln könnte [35-38]. Allerdings zeigte sich in der vorliegenden Auswertung, dass weder die Adjustierung für den langfristigen Milchverzehr noch für die langfristige Kalziumzufuhr die beobachteten Zusammenhänge zwischen dem Verzehr von Erfrischungsgetränken und den Knochenparametern grundlegend veränderte. Auch die oftmals mit dem Verzehr von Erfrischungsgetränken in Verbindung gebrachte ernährungsbedingte Säurelast [39] erklärte die beobachteten Zusammenhänge mit den Knochenparametern nicht. Daher kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht beurteilt werden, worauf die Unterschiede in der Wirkungsweise von koffeinhaltigen und nicht-koffeinhaltigen Erfrischungsgetränken, die auch in anderen Studien beobachtet wurden [36, 40-42], beruhen könnten. Möglicherweise könnten diese Unterschiede durch spezifische Inhaltsstoffe koffeinhaltiger Erfrischungsgetränke wie dem in einigen Getränken enthaltenen Colaextrakt [40] oder dem Koffeingehalt [41] hervorgerufen werden.

Zusammengenommen könnten die in der vorliegenden Auswertung der DONALD Studie sowohl für den Verzehr von koffeinhaltigen als auch von nicht-koffeinhaltigen Erfrischungsgetränken festgestellten negativen Assoziationen mit verschiedenen Knochenparametern wie der Knochenmineraldichte und dem SSI das Risiko für Knochenbrüche in der Kindheit und Osteoporose im späteren Leben erhöhen.

Bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse der DONALD Studie müssen einige **Stärken und Schwächen der Studie** berücksichtigt werden. Die Ernährungsdaten beruhen auf Selbstangaben der Probanden und könnten somit durch Protokollierungsfehler und Underreporting beeinflusst worden sein. Allerdings wurden als offensichtlich unplausibel identifizierte Protokolle von den Auswertungen ausgeschlossen. Außerdem sind Ernährungsdaten aus Wiegeprotokollen generell genauer als die Daten in vielen anderen Studien, welche die Auswirkungen des Verzehrs von Erfrischungsgetränken anhand von Fragebögen zur Verzehrshäufigkeit (Food Frequency Questionnaire, FFQ) oder mittels 24-Stunden-Erinnerungsprotokollen (24h-Recall) untersuchten. Von beiden Erhebungsmethoden ist bekannt, dass im Vergleich zu Wiegeprotokollen die Portionsgröße und die Verzehrsmenge bei Kindern und Jugendlichen ungenauer eingeschätzt werden. Die hohe Genauigkeit der DONALD Protokolle wurde kürzlich in einer Auswertung belegt, in der die anhand der Protokolle berechnete Jodaufnahme exakt den in der chemischen Analyse der Urindaten festgestellten Werten entsprach [43]. Ein weiterer Vorteil der DONALD Studie liegt in der longitudinalen Studienstruktur mit jährlich stattfindenden Untersuchungen. Diese engmaschigen Daten zur Ernährung und körperlichen Entwicklung sind für eine Bewertung des longitudinalen Effektes der Ernährung auf gesundheitsbezogene Parameter besser geeignet als Daten aus Querschnittserhebungen.

Aufgrund des anspruchsvollen Studiendesigns umfasst die DONALD Studie ein lokal begrenztes, sozioökonomisch überdurchschnittliches Kollektiv und ist damit nicht repräsentativ für Kinder und Jugendliche in Deutschland. Dennoch wurden keine oder nur geringe Unterschiede beim Vergleich der Ernährungsgewohnheiten in der DONALD Studie mit den Ergebnissen aus der ersten Nationalen Verzehrsstudie von 1987-88 festgestellt [44, 45]. Des Weiteren wurden im DONALD Kollektiv ähnliche Zeittrends festgestellt wie in deutschlandweiten Untersuchungen [46]. Auch die vorliegenden Ergebnisse zu den Verzehrsmengen von Erfrischungsgetränken werden durch die aktuellen Daten der bundesweit durchgeführten EsKiMo-Studie bestätigt [15]. Die festgestellten Verzehrsmuster scheinen folglich den Getränkekonsum von Kindern und Jugendlichen in Deutschland widerzuspiegeln.

Insgesamt zeigten die Ergebnisse der verschiedenen Auswertungsschritte, dass der Verzehr von Erfrischungsgetränken und zum Teil auch der Verzehr von Fruchtsäften bei Jungen und Mädchen in Deutschland mit einer Steigerung des Risikos für die Entstehung weit verbreiteter ernährungsmitbedingter Erkrankungen wie Übergewicht und Osteoporose assoziiert ist. Eine Einschränkung des Verzehrs dieser Getränke, wie sie von nationalen und internationalen ernährungsmedizinischen Expertengremien [47-49] empfohlen und im Rahmen des Präventionskonzeptes der Optimalen Mischkost umgesetzt wird [1, 2], stellt vor dem Hintergrund der vorliegenden Ergebnisse der DONALD Studie ein sinnvolles Instrument zur Prävention dieser Krankheiten dar. Trotz der für eine einzelne Lebensmittelgruppe vergleichsweise starken Effekte, kann eine Einschränkung des Verzehrs von Erfrischungsgetränken nur ein Faktor im Rahmen ganzheitlicher Präventionsstrategien für Kinder und Jugendliche sein.

Literatur

- [1] Kersting M, Alexy U, Clausen K (2005): Using the concept of Food Based Dietary Guidelines to Develop an Optimized Mixed Diet (OMD) for German children and adolescents. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*; **40**(3): 301-308.
- [2] Forschungsinstitut für Kinderernährung: Empfehlungen für die Ernährung von Kindern und Jugendlichen. 2. überarbeitete Auflage. 2008, Dortmund.
- [3] Mattes RD (1996): Dietary compensation by humans for supplemental energy provided as ethanol or carbohydrate in fluids. *Physiol Behav*; **59**(1): 179-187.
- [4] DiMeglio DP, Mattes RD (2000): Liquid versus solid carbohydrate: effects on food intake and body weight. *Int J Obes Relat Metab Disord*; **24**(6): 794-800.
- [5] Striegel-Moore RH, Thompson D, Affenito SG, Franko DL, Obarzanek E, Barton BA, Schreiber GB, Daniels SR, Schmidt M, Crawford PB (2006): Correlates of beverage intake in adolescent girls: the National Heart, Lung, and Blood Institute Growth and Health Study. *J Pediatr*; **148**(2): 183-187.
- [6] Welsh JA, Cogswell ME, Rogers S, Rockett H, Mei Z, Grummer-Strawn LM (2005): Overweight among low-income preschool children associated with the consumption of sweet drinks: Missouri, 1999-2002. *Pediatrics*; **115**(2): e223-229.
- [7] Ludwig DS, Peterson KE, Gortmaker SL (2001): Relation between consumption of sugar-sweetened drinks and childhood obesity: a prospective, observational analysis. *Lancet*; **357**(9255): 505-508.
- [8] Ebbeling CB, Feldman HA, Osganian SK, Chomitz VR, Ellenbogen SJ, Ludwig DS (2006): Effects of decreasing sugar-sweetened beverage consumption on body weight in adolescents: a randomized, controlled pilot study. *Pediatrics*; **117**(3): 673-680.
- [9] Berkey CS, Rockett HR, Field AE, Gillman MW, Colditz GA (2004): Sugar-added beverages and adolescent weight change. *Obes Res*; **12**(5): 778-788.
- [10] Phillips SM, Bandini LG, Naumova EN, Cyr H, Colclough S, Dietz WH, Must A (2004): Energy-dense snack food intake in adolescence: longitudinal relationship to weight and fatness. *Obes Res*; **12**(3): 461-472.
- [11] Vartanian LR, Schwartz MB, Brownell KD (2007): Effects of soft drink consumption on nutrition and health: a systematic review and meta-analysis. *Am J Public Health*; **97**(4): 667-675.
- [12] French SA, Lin BH, Guthrie JF (2003): National trends in soft drink consumption among children and adolescents age 6 to 17 years: prevalence, amounts, and sources, 1977/1978 to 1994/1998. *J Am Diet Assoc*; **103**(10): 1326-1331.
- [13] Nielsen SJ, Popkin BM (2004): Changes in beverage intake between 1977 and 2001. *Am J Prev Med*; **27**(3): 205-210.
- [14] U.S. Department of Agriculture ARS (1999), Food Surveys Research Group: Food and Nutrient Intakes by Children 1994-96, 1998. online. www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12355000/pdf/scs_all.pdf. Zugriff am: 09.08.2008.
- [15] Mensink G.B.M., Hesecker H., Richter A., Stahl A., C. V (2007), Robert Koch-Institut, Universität Paderborn: Forschungsbericht Ernährungsstudie als KiGGS-Modul (EsKiMo). [In German]. <http://www.bmelv.de/SharedDocs/downloads/03-Ernaehrung/EsKiMoStudie.html>. Zugriff am: 07.04.08.

- [16] Wirtschaftsvereinigung Alkoholfreie Getränke (2006), Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauchs von Alkoholfreien Getränken nach Getränkearten 2002-2006. <http://www.wafg-online.de/pdf/branche/prokopf.pdf>. Zugriff am: 15.05.2008.
- [17] Mattes R (2006): Fluid calories and energy balance: the good, the bad, and the uncertain. *Physiol Behav*; **89**(1): 66-70.
- [18] Bachman CM, Baranowski T, Nicklas TA (2006): Is there an association between sweetened beverages and adiposity? *Nutr Rev*; **64**(4): 153-174.
- [19] Cecil JE, Palmer CN, Wrieden W, Murrie I, Bolton-Smith C, Watt P, Wallis DJ, Hetherington MM (2005): Energy intakes of children after preloads: adjustment, not compensation. *Am J Clin Nutr*; **82**(2): 302-308.
- [20] Birch LL, McPhee L, Sullivan S (1989): Children's food intake following drinks sweetened with sucrose or aspartame: time course effects. *Physiol Behav*; **45**(2): 387-395.
- [21] Bray GA, Nielsen SJ, Popkin BM (2004): Consumption of high-fructose corn syrup in beverages may play a role in the epidemic of obesity. *Am J Clin Nutr*; **79**(4): 537-543.
- [22] Malik VS, Schulze MB, Hu FB (2006): Intake of sugar-sweetened beverages and weight gain: a systematic review. *Am J Clin Nutr*; **84**(2): 274-288.
- [23] Jurgens H, Haass W, Castaneda TR, Schurmann A, Koebnick C, Dombrowski F, Otto B, Nawrocki AR, Scherer PE, Spranger J, Ristow M, Joost HG, Havel PJ, Tschop MH (2005): Consuming fructose-sweetened beverages increases body adiposity in mice. *Obes Res*; **13**(7): 1146-1156.
- [24] Bray GA (2004): The epidemic of obesity and changes in food intake: the Fluoride Hypothesis. *Physiol Behav*; **82**(1): 115-121.
- [25] Bray GA (2007): How bad is fructose? *Am J Clin Nutr*; **86**(4): 895-896.
- [26] Anderson GH (2006): Sugars-containing beverages and post-prandial satiety and food intake. *Int J Obes (Lond)*; **30 Suppl 3**: S52-59.
- [27] Hanover LM, White JS (1993): Manufacturing, composition, and applications of fructose. *Am J Clin Nutr*; **58**(5 Suppl): 724S-732S.
- [28] LaRowe TL, Moeller SM, Adams AK (2007): Beverage patterns, diet quality, and body mass index of US preschool and school-aged children. *J Am Diet Assoc*; **107**(7): 1124-1133.
- [29] Forshee RA, Storey ML (2006): Demographics, not beverage consumption, is associated with diet quality. *Int J Food Sci Nutr*; **57**(7-8): 494-511.
- [30] Rodriguez-Artalejo F, Garcia EL, Gorgojo L, Garcés C, Royo MA, Martín Moreno JM, Benavente M, Macías A, De Oya M (2003): Consumption of bakery products, sweetened soft drinks and yogurt among children aged 6-7 years: association with nutrient intake and overall diet quality. *Br J Nutr*; **89**(3): 419-429.
- [31] Marshall TA, Eichenberger Gilmore JM, Broffitt B, Stumbo PJ, Levy SM (2005): Diet quality in young children is influenced by beverage consumption. *J Am Coll Nutr*; **24**(1): 65-75.
- [32] Blum JW, Jacobsen DJ, Donnelly JE (2005): Beverage consumption patterns in elementary school aged children across a two-year period. *J Am Coll Nutr*; **24**(2): 93-98.
- [33] Mrdjenovic G, Levitsky DA (2003): Nutritional and energetic consequences of sweetened drink consumption in 6- to 13-year-old children. *J Pediatr*; **142**(6): 604-610.

- [34] Whiting SJ, Healey A, Psiuk S, Mirwald R, Kowalski K, Bailey DA (2001): Relationship between carbonated and other low nutrient dense beverages and bone mineral content of adolescents. *Nutrition Research*; **21**: 1107-1115.
- [35] Whiting SJ, Vatanparast H, Baxter-Jones A, Faulkner RA, Mirwald R, Bailey DA (2004): Factors that affect bone mineral accrual in the adolescent growth spurt. *J Nutr*; **134**(3): 696S-700S.
- [36] Heaney RP, Rafferty K (2001): Carbonated beverages and urinary calcium excretion. *Am J Clin Nutr*; **74**(3): 343-347.
- [37] Harnack L, Stang J, Story M (1999): Soft drink consumption among US children and adolescents: nutritional consequences. *J Am Diet Assoc*; **99**(4): 436-441.
- [38] Fitzpatrick L, Heaney RP (2003): Got soda? *J Bone Miner Res*; **18**(9): 1570-1572.
- [39] Ogur R, Uysal B, Ogur T, Yaman H, Oztas E, Ozdemir A, Hasde M (2007): Evaluation of the effect of cola drinks on bone mineral density and associated factors. *Basic Clin Pharmacol Toxicol*; **100**(5): 334-338.
- [40] Tucker KL, Morita K, Qiao N, Hannan MT, Cupples LA, Kiel DP (2006): Colas, but not other carbonated beverages, are associated with low bone mineral density in older women: The Framingham Osteoporosis Study. *Am J Clin Nutr*; **84**(4): 936-942.
- [41] Hernandez-Avila M, Stampfer MJ, Ravnikar VA, Willett WC, Schiff I, Francis M, Longcope C, McKinlay SM, Longscope C (1993): Caffeine and other predictors of bone density among pre- and perimenopausal women. *Epidemiology*; **4**(2): 128-134.
- [42] Wyshak G, Frisch RE (1994): Carbonated beverages, dietary calcium, the dietary calcium/phosphorus ratio, and bone fractures in girls and boys. *J Adolesc Health*; **15**(3): 210-215.
- [43] Remer T, Fonteyn N, Alexy U, Berkemeyer S (2006): Longitudinal examination of 24-h urinary iodine excretion in schoolchildren as a sensitive, hydration status-independent research tool for studying iodine status. *Am J Clin Nutr*; **83**(3): 639-646.
- [44] Kersting M, Sichert-Hellert W, Alexy U, Manz F, Schoch G (1998): Macronutrient intake of 1 to 18 year old German children and adolescents. *Z Ernahrungswiss*; **37**(3): 252-259.
- [45] Alexy U, Kersting M, Sichert-Hellert W, Manz F, Schoch G (1998): Energy intake and growth of 3- to 36-month-old German infants and children. *Ann Nutr Metab*; **42**(2): 68-74.
- [46] Alexy U, Sichert-Hellert W, Kersting M (2002): Fifteen-year time trends in energy and macronutrient intake in German children and adolescents: results of the DONALD study. *Br J Nutr*; **87**(6): 595-604.
- [47] Ernährungskommission der Deutschen Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin DGKJ, Ernährungskommission der Österreichischen Gesellschaft für Kinder- und Jugendheilkunde ÖGKJ, Ernährungskommission der Schweizerischen Gesellschaft für Pädiatrie SGP (2008): Empfehlungen zum Verzehr zuckerhaltiger Getränke durch Kinder und Jugendliche. *Monatsschr Kinderheilkd*; **156**: 484-487.
- [48] Popkin BM, Armstrong LE, Bray GM, Caballero B, Frei B, Willett WC (2006): A new proposed guidance system for beverage consumption in the United States. *Am J Clin Nutr*; **83**(3): 529-542.
- [49] Joint WHO/FAO expert consultation on diet, nutrition and the prevention of chronic diseases, WHO Technical Report Series 916 (2003): Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_916.pdf. Zugriff am: 14.08.2008.

Danksagung

Ich möchte mich bei allen Beteiligten bedanken, die mich bei der Durchführung der Teilstudien und der Anfertigung der Doktorarbeit unterstützt haben. Mein besonderer Dank gilt:

- Prof. Dr. Peter Stehle für die Überlassung des Promotionsthemas, die Betreuung als Doktorvater sowie für zahlreiche wertvolle Ratschläge im Rahmen meiner Arbeit
- PD Dr. Mathilde Kersting, die immer ein offenes Ohr hatte, für die außerordentliche Unterstützung und Motivation über den gesamten Zeitraum
- PD Dr. Thomas Remer für die Übernahme des Korreferats, seine hilfreichen Ideen im Rahmen der Studiendurchführung und die Diskussionen über physiologische Hintergründe der beobachteten Zusammenhänge
- Dr. Ute Alexy für die intensive Betreuung meiner Arbeit und ihre konstruktive Kritik
- Dr. Wolfgang Sichert-Hellert für seine Hilfe bei statistischen Fragestellungen und die Einweisung in die Geheimnisse von SAS
- Dr. Anette Buyken und Nadina Karaolis für die spannenden fachlichen Diskussionen, die wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben
- Rebecca Muckelbauer, die mir nicht nur jederzeit mit ihren guten Ideen zur Seite gestanden hat, sondern mich auch immer unterstützt hat
- allen Mitarbeitern des FKE
- meiner Familie, ohne deren Hilfe, Zuspruch und Motivation die Anfertigung dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre
- Katrin, die immer für mich da war, für einfach alles
- meiner Oma, die immer an mich geglaubt hat